



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES
DE DATOS SOBRE LA PLATAFORMA OPNET**

Previa la obtención del Título

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

ELABORADO POR:

Rainiero Plaza Calderón

Guayaquil, 30 de Agosto del 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Rainiero Plaza Calderón como requerimiento parcial para la obtención del
título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

Guayaquil, 30 de Agosto del 2014

DIRECTOR

Ing. Carlos Romero Rosero

REVISADO POR

Ing. NN.
Revisor Metodológico



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

RAINIERO PLAZA CALDERÓN

DECLARÓ QUE:

El proyecto de tesis denominado “**Evaluación de Protocolos en Sistemas de Comunicaciones de Datos sobre la plataforma OPNET**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, 30 de Agosto del 2014

EL AUTOR

RAINIERO PLAZACALDERÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, RAINIERO PLAZA CALDERÓN

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “**Evaluación de Protocolos en Sistemas de Comunicaciones de Datos sobre la plataforma OPNET**”, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, 30 de Agosto del 2014

EL AUTOR

RAINIERO PLAZA CALDERÓN

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme la fortaleza y la sabiduria en mis en los momentos dificiles, a toda mi familia por su apoyo incondicional, a mi madre Carmen Calderon quien fue mi motor y orgullo para llegar hasta este punto de mi vida, a Emmy Castro que siempre me apoyo en todas mis decisiones y me acompaño en el duro proceso de mi formacion como profesional.

EL AUTOR

RAINIERO PLAZA CALDERÓN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios sobre todas las cosas por haber permitido alcanzar uno de los sueños mas profundos de mi corazon que sin su ayuda nada seria posible.

Agradezco infinitamente a mi madre que con mucho esfuerzo y sacrificio me dio su apoyo incondicional en este camino dificil y duro que fue obtener el Titulo como Ingeniero en Telecomunicaciones, a mi familia que siempre estuvo en los momentos mas importantes dandome la mano y su colaboracion.

Agradezco de forma infinita a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, a la Facultad Técnica para el Desarrollo y en especial a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones con mención Gestión Empresarial por las enseñanzas impartidas generando en mí el crecimiento profesional y espiritual.

A mi Tutor el Ing. Carlos Romero y al director de tesis Msc. Fernando Palacios, quienes con su experiencia como docentes han sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar esta tesis, me han brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminado.

EL AUTOR

RAINIERO PLAZA CALDERÓN

Índice General

Índice de Figuras	IX
Índice de Tablas.....	XII
Resumen	XIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	14
1.1. Antecedentes.	14
1.2. Definición del Problema.....	15
1.3. Objetivos del Problema de Investigación.....	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos.	16
1.4. Hipótesis.....	16
1.5. Metodología de Investigación.....	16
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE DE COMUNICACIONES DE DATOS	18
2.1. Introducción a Redes de Comunicaciones de Datos.....	18
2.1.1. Tendencias.	18
2.2. El modelo de Comunicaciones.....	25
2.3. Comunicaciones de Datos.....	32
2.3.1. Un modelo de datos de Comunicaciones	32
2.3.2. La transmisión de la información.	35
2.4. Redes de Datos.....	39
2.4.1. Redes de Área Amplia.....	41
2.4.2. Redes de área local.....	47
2.4.3. Redes Inalámbricas – Wi-Fi.....	49
2.5. El Internet.....	50
CAPÍTULO 3: Plataforma de Simulación OPNET.....	53
3.1. Introducción a OPNET.	53

3.2.	Editor de proyectos.	53
3.3.	Editor de nodos.	55
3.4.	Editor de Modelos de Procesos.....	56
3.5.	Editor de Modelo de Enlace.	57
3.6.	Editor de Rutas.....	58
3.7.	Editor del formato de paquetes.	58
CAPÍTULO 4: MODELADO, EVALUACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES DE DATOS		60
4.1.	Modelado de TCP.	60
4.1.1.	Descripción del modelo propuesto para TCP.	61
4.1.2.	Implementación del protocolo TCP.....	62
4.1.3.	Resultados de la modelación del protocolo TCP.	63
4.2.	Modelado de un protocolo de enrutamiento.	67
4.2.1.	Elección del protocolo de enrutamiento.....	68
4.2.2.	Descripción del modelo OSPF.....	69
4.2.3.	Implementación del protocolo OSPF.	71
4.2.4.	Resultados de la simulación OSPF.	73
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		78
5.1.	Conclusiones.....	78
5.2.	Recomendaciones.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		80

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Servicios frente a velocidades de desempeño.....	19
Figura 2. 2: Diagrama de bloques general del modelo simplificado de comunicaciones.	26
Figura 2. 3: Ejemplo de un sistema simplificado de comunicaciones.	27
Figura 2. 4: Modelo simplificado de las comunicaciones de datos.....	33
Figura 2. 5: Sistema de transmisión por fibra óptica.	36
Figura 2. 6: Sistema de transmisión inalámbrico por radio.	37
Figura 2. 7: Sistema de transmisión inalámbrico por radio.	38
Figura 2. 8: Diagrama de bloques de una red de área amplia – WAN.....	42
Figura 2. 9: Diagrama de bloques de la conexión de una red telefónica pública.	43
Figura 2. 10: Diagrama de bloques de una red de conmutación de paquetes.	44
Figura 2. 11: Diagrama de bloques de arquitectura de retransmisión de tramas.....	44
Figura 2. 12: Diagrama de bloques de arquitectura del protocolo de modo de transferencia asíncrono - ATM.....	46
Figura 2. 13: Tecnologías y topologías de redes LAN inalámbricas.	49
Figura 2. 14: Tecnologías y topologías de redes LAN inalámbricas.	52

Capítulo 3

Figura 3. 1: Proceso del flujo de trabajo para editar proyectos en OPNET..	53
--	----

Figura 3. 2: Un modelo de red integrado en el editor de proyectos de OPNET.	54
Figura 3. 3: Ejemplo de aplicación mediante el editor de nodos de OPNET.	55
Figura 3. 4: Ejemplo de aplicación para el proceso de edición de modelos.	56
Figura 3. 5: Ventana para el modelo de editor de enlace.	57
Figura 3. 6: Ventana del editor de rutas.....	58
Figura 3. 6: Ventana del editor de formato de paquetes.	59
Capítulo 4	
Figura 4. 1: Escenario completo del protocolo TCP modificado.....	62
Figura 4. 2: Modificación del fichero de inicialización.	62
Figura 4. 3: Tamaño de la ventana de congestión en bytes en enlaces de 10kbps.	63
Figura 4. 4: Tamaño de la ventana de congestión en bytes en enlaces de 100Mbps.	63
Figura 4. 5: Tamaño de la ventana de recepción remota en bytes en enlaces de 10kbps.	64
Figura 4. 6: Tamaño de la ventana de recepción remota en bytes en enlaces de 10Mbps.	64
Figura 4. 7: Retardos del protocolo TCP en enlaces de 10kbps.	65
Figura 4. 8: Retardos del protocolo TCP en enlaces de 10Mbps.....	65
Figura 4. 9: Tráfico FTP recibido para todos los escenarios.	66
Figura 4. 10: Tráfico FTP recibido de la cantidad integrada de datos transferidos.	66
Figura 4. 11: Modelado del protocolo OSPF.....	70

Figura 4. 12: Interfaz del modo de direccionamiento IP.....	72
Figura 4. 13: Tabla del tráfico IP solicitado.	73
Figura 4. 14: Estadísticas de fallos y recuperación del protocolo OSPF.....	74
Figura 4. 15: Número de paquetes perdidos para el escenario OSPF.....	75

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Principales tareas en los sistemas de comunicaciones. 28

Capítulo 4

Tabla 4. 1: Varios protocolos de enrutamiento y sus capacidades. 67

Resumen

El trabajo de titulación se inicia con la presentación de las generalidades del proyecto, tales como los antecedentes y definición del problema a investigar, los objetivos tanto general como los específicos, hipótesis y finalmente la metodología de investigación necesaria para el trabajo propuesto.

La idea principal del trabajo de titulación fue modelar o simular protocolos que utilizan los Sistemas de Comunicaciones de Datos que son tratados y validados en el capítulo 4. Los resultados que se obtuvieron en las simulaciones de los protocolos fueron excelentes, lo que evidencia la robustez de OPNET en modelar redes de telecomunicaciones.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1. Antecedentes.

En los últimos diez años, las computadoras han evolucionado rápidamente y ahora se utiliza en casi todas las oficinas y en muchos hogares en el mundo industrial. Un ordenador independiente, es muy útil para la contabilidad, procesamiento de textos, juegos y así sucesivamente, pero al conectar ordenadores entre sí, enormes sinergias entran en juego. Donde se puede compartir fácilmente hardware, impresoras, enviar mensajes a amigos, buscar bases de datos distantes de información, etc., y conocimientos sobre redes de datos que pueden controlar de forma remota otros ordenadores, jugar a juegos en red y así sucesivamente.

El aumento de la utilización de las redes por el creciente número de usuarios que generan cada vez más tráfico, han generado mayor demanda sobre los sistemas subyacentes, tanto en capacidad como en términos de mejores exigencias de flexibilidad y baja latencia, lo que incrementa la complejidad tanto de la creación de redes (hardware) y de protocolos que llevan la información entre los nodos.

La complejidad y el número de variables son tan grandes que el análisis matemático regular es prácticamente imposible de realizar con el grado necesario de precisión. La solución se ha conocido en esta y en muchas otras disciplinas durante varios años, conocida como simulación. La

simulación es emular la parte real: dividir el gran problema en tareas más pequeñas y definir reglas para las diferentes tareas, por ejemplo, cómo pueden interactuar entre sí y qué y cómo se pueden manipular diferentes variables. Si son hábilmente escogidas las reglas y las tareas que se pueden juntar para construir un sistema complicado, por ejemplo, un protocolo de red.

1.2. Definición del Problema.

Necesidad de incorporar plataformas o herramientas de simulación a escala de redes de datos en diferentes escenarios, que permitan mejorar el aprendizaje de los estudiantes, docentes e investigadores de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo y a la vez generen diferentes proyectos de titulación o investigaciones.

1.3. Objetivos del Problema de Investigación.

Una vez que se describe el problema de investigación, en el presente acápite se especificarán tanto el objetivo general como específicos del trabajo de titulación.

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar Sistemas de Comunicaciones de Datos a través de la plataforma de simulación OPNET.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Describir el Estado del Arte de los Sistemas de Comunicaciones de Datos.
- Explicar el funcionamiento de la plataforma de simulación OPNET.
- Evaluar los diseños de modelos de simulaciones de Sistemas de Comunicaciones de Datos.

1.4. Hipótesis.

A través de los escenarios seleccionados y cuidadosamente examinados por el autor, permitirá demostrar que la plataforma OPNET es una herramienta robusta para escenarios complejos, manteniendo un nivel de dificultad moderado, y a la vez mejorará el aprendizaje de los estudiantes de grado en Telecomunicaciones.

Las variables dependientes serán los protocolos de enrutamiento y calidad de servicio (QoS). Las variables independientes son el código subyacente de C en los protocolos de calidad de servicio (QoS) en diferentes topologías y de los protocolos de enrutamiento. Estas dos variables permitirán el correcto funcionamiento de la simulación en OPNET.

1.5. Metodología de Investigación.

De acuerdo a lo expuesto por Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2003) señalan los siguientes tipos de investigación: exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa. Los

estudios exploratorios usualmente se llevan a cabo cuando la situación o problema de investigación no ha sido examinado a profundidad o no se ha realizado un estudio sobre dicho problema con anterioridad. Las investigaciones descriptivas son aquellas en las que se recolecta información sobre situaciones, sucesos y eventos para después explicarlos. Se busca determinar cualidades y propiedades importantes de las variables que forman parte del estudio.

Para el presente trabajo de titulación se desarrolla bajo simulación de protocolos utilizados en redes de comunicaciones de datos, por lo cual se considera que es del tipo cuasi-experimental y el tipo de investigación es descriptiva y exploratoria con enfoque cuantitativo.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE DE COMUNICACIONES DE DATOS

2.1. Introducción a Redes de Comunicaciones de Datos.

Los servicios de comunicación de datos y redes eficaces y eficientes son vitales para cualquier empresa. En esta sección, primero analizamos las tendencias que están aumentando el reto para la planificación y gestión de este tipo de instalaciones. Entonces miramos específicamente a la necesidad de cada vez mayores velocidades de transmisión y capacidad de la red.

2.1.1. Tendencias.

El-Sayed, M., & Jaffe, J. (2002), indica que hay tres fuerzas diferentes que han impulsado constantemente la arquitectura y la evolución de las comunicaciones de datos e instalaciones de redes:

- a) el crecimiento del tráfico,
- b) el desarrollo de nuevos servicios, y
- c) los avances en la tecnología.

Brijendra S., D. (2011) manifiesta que el tráfico de comunicación, tanto locales (dentro de un edificio o complejo de edificios) y de larga distancia, tanto de voz como de datos, ha estado creciendo a un ritmo alto y constante durante las últimas décadas. El creciente énfasis en la automatización de oficinas, acceso remoto, las transacciones en línea, y otras medidas de productividad significa que esta tendencia es probable que continúe. Por lo

tanto, los gerentes técnicos están luchando constantemente para maximizar la capacidad y reducir al mínimo los costos de transmisión.

Asimismo El-Sayed, M., & Jaffe, J. (2002) sostiene que las empresas confían cada vez más en la tecnología de la información, por lo que la gama de servicios se expande. Esto aumenta la demanda de servicios de redes y transmisión de alta capacidad. A su vez, el continuo crecimiento en la oferta de red de alta velocidad con la caída continua de los precios favorece la expansión de los servicios. Por lo tanto, el crecimiento de los servicios y el crecimiento de la capacidad de tráfico van de la mano. La figura 2.1 da algunos ejemplos de los servicios basados en la información y las tarifas de datos necesaria para apoyarlos.

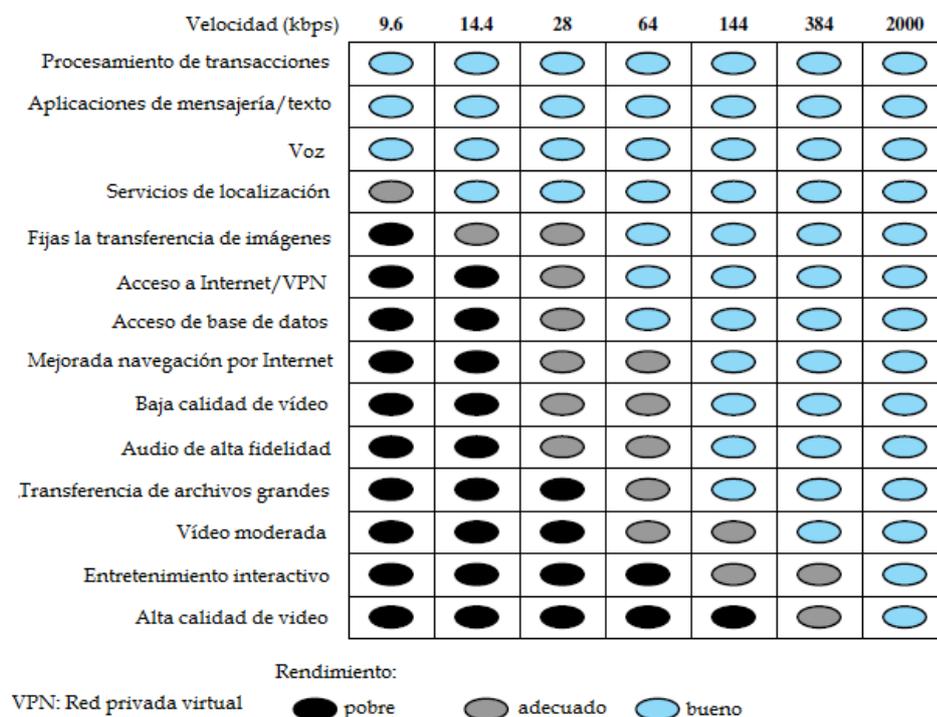


Figura 2. 1: Servicios frente a velocidades de desempeño.
 Fuente: López O., F. (2002).

Por último, la evolución de la tecnología permite la prestación de incrementar la capacidad de tráfico, con el apoyo de una amplia gama de servicios. Existen cuatro tendencias de la tecnología particularmente notables:

1. La tendencia informática y de comunicaciones continúa siendo acelerada (rápido) y cada vez más económica. En términos de la
2. informática, significa que las computadoras más potentes y grupos de equipos tienen capacidad de soportar aplicaciones más exigentes, como las aplicaciones multimedia. En cuanto a las comunicaciones, la creciente utilización de la fibra óptica ha llevado que los precios para transmisiones disminuyan y en gran medida la capacidad ha aumentado.

Por ejemplo, en las telecomunicaciones, para realizar enlaces entre redes de datos a largas distancias, es necesario el reciente ofrecimiento de la multiplexación densa por división de longitud de onda (DWDM), la que permite capacidades de muchos terabits por segundo (Tbps). Para las redes de área local (LAN), muchas empresas ahora tienen redes troncales Gigabit Ethernet y algunos están empezando a desplegar 10-Gbps Ethernet.

3. Ambas redes de telecomunicaciones orientadas a voz, como la red telefónica pública conmutada (PSTN), y las redes de datos, en particular Internet, son más "inteligentes" que nunca. Dos áreas de la

inteligencia son dignos de mención. En primer lugar, las redes de hoy en día pueden ofrecer diferentes niveles de calidad de servicio (QoS), que incluyen especificaciones para el retardo máximo, el rendimiento mínimo, y así sucesivamente. En segundo lugar, las redes de hoy en día ofrecen una variedad de servicios de personalización en las áreas de gestión de la red y la seguridad.

4. La Internet, la Web y las aplicaciones asociadas han surgido como características dominantes tanto del mundo empresarial y personal, abriendo muchas oportunidades y desafíos para los gerentes. Además de la explotación de la Internet y la Web para llegar a los clientes, proveedores y socios, las empresas han formado intranets y extranets para aislar su información patentada de libre acceso no deseado.

5. Ha habido una tendencia hacia la movilidad cada vez mayor durante décadas, liberando a los trabajadores de los confines de la empresa física. Las innovaciones incluyen correo de voz, acceso a datos remotos, buscapersonas, fax, correo electrónico, teléfonos inalámbricos, teléfonos celulares y las redes celulares, y portales de Internet. Ahora estamos viendo el crecimiento del acceso inalámbrico de alta velocidad, lo que mejora aún más la capacidad de utilizar los recursos y servicios de información de la empresa en cualquier lugar.

2.1.2. Transmisión de datos y requerimientos de capacidad de las redes.

Trascendentales cambios en las organizaciones (empresas de negocios) en el procesamiento de la información, han sido impulsados por los cambios en la tecnología de redes y al mismo tiempo han impulsado esos cambios. Es difícil separar la gallina y el huevo en este campo. Del mismo modo, el uso de Internet por las empresas y los individuos refleja esta dependencia cíclica: la disponibilidad de nuevos servicios basados en imágenes en Internet (es decir, la Web) ha resultado en un aumento en el número total de usuarios y el volumen de tráfico generado por cada usuario.

Esto, a su vez, ha dado lugar a una necesidad de aumentar la velocidad y la eficiencia de la Internet. Por otro lado, tal incremento de velocidad hace que el uso de aplicaciones basadas en Web sea apetecible para el usuario final. En esta sección examinamos algunos factores de usuarios finales que encajan en esta ecuación. Partimos de la necesidad de redes de área local de alta velocidad en el entorno empresarial, ya que esta necesidad ha aparecido por primera vez y ha forzado el ritmo de desarrollo de redes.

Entonces nos fijamos en los requisitos de negocio de WAN. Finalmente ofrecemos unas palabras sobre el efecto de los cambios en la electrónica comercial sobre los requisitos de la red.

2.1.3. El surgimiento de las redes LAN de alta velocidad.

Los ordenadores personales y estaciones de trabajo de microcomputadoras empezaron a lograr una amplia aceptación en la informática empresarial a principios de 1980 y actualmente han conseguido prácticamente mejoras en la telefonía, siendo esta una herramienta esencial para los trabajadores de oficina. Hasta hace relativamente poco, las redes LAN de oficinas prestaban servicios de conectividad básicas, conectando los ordenadores personales y terminales (ordenadores centrales) y sistemas de rango medio que ejecutaban aplicaciones corporativas, y que proporcionaron conectividad de grupos de trabajo a nivel de departamento o división. En ambos casos, los patrones de tráfico eran relativamente lentos, con un énfasis en la transferencia de archivos y correo electrónico.

Las redes de área local que estaban disponibles para este tipo de carga de trabajo, principalmente Ethernet y Token Ring, son muy adecuadas para este entorno. En la década de 1990, dos tendencias significativas alteraron las funciones de computadores personales y por lo tanto los requerimientos de redes LAN son:

1. La velocidad y la potencia de cálculo de los ordenadores personales continuaron disfrutando de un crecimiento explosivo. Estas plataformas más potentes soportan aplicaciones con gráficos intensivos y cada vez más complejas interfaces gráficas de usuario en el sistema operativo.

2. Sistemas de información de gestión (MIS), donde las organizaciones han reconocido a LAN como una plataforma de computación viable y esencial, resultando la concentración de redes de computadoras. Esta tendencia comenzó con ordenadores cliente/servidor, convirtiéndose en una arquitectura dominante en el entorno empresarial y la más reciente tendencia se centró en la Web e intranet. Ambos enfoques, suponen transmisiones de grandes cantidades de datos en un entorno orientado a transacciones.

El efecto de estas tendencias ha sido la de aumentar el volumen de datos que se manejan a través de redes de área local, y que las aplicaciones sean más interactivas, para reducir la demora aceptable sobre las transferencias de datos. La primera generación de redes Ethernet de 10 Mbps y token rings (redes en anillo) de 16 Mbps, no estaban a la altura de los requerimientos de redes LAN. A continuación se describen los requerimientos exigidos en redes LAN de alta velocidad:

- a. **Conjunto de servidores centralizados:** en numerosas aplicaciones, surge la necesidad de sistemas (usuario o cliente), en la que los sistemas son capaces de elaborar grandes cantidades de datos de múltiples servidores centralizados, llamados conjuntos de servidores. Un ejemplo sería una publicación a color, en el que los servidores suelen contener decenas de gigabytes de datos (imagen) que se deben descargar en estaciones de trabajo de

imágenes. Como el rendimiento de los propios servidores ha aumentado, el cuello de botella se ha desplazado a la red.

- b. **Grupos de trabajo de energía:** Estos grupos consisten típicamente en un reducido número de cooperadores para descargar masivamente archivos de datos a través de la red. Ejemplos de ello serían, un grupo de desarrollo de software que realiza pruebas sobre una nueva versión del software, o el del diseño asistido por ordenador (CAD) que ejecuta periódicamente las simulaciones de nuevos diseños. En tales casos, las grandes cantidades de datos se distribuyen a varias estaciones de trabajo, se procesan y actualizan a muy alta velocidad para múltiples iteraciones.

- c. **Backbone local de alta velocidad:** dado que la demanda de procesamiento crece, las redes LAN's proliferan en un sitio, y la interconexión de alta velocidad se hace necesaria.

2.2. El modelo de Comunicaciones.

Esta sección se presenta un modelo simple de comunicaciones tal como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2.2. El propósito fundamental de un sistema de comunicación, es el intercambio de datos entre dos puntos. En la figura 2.3 se presenta un ejemplo particular de lo que es la comunicación entre una estación de trabajo y un servidor a través de

una red telefónica pública. Otro ejemplo es el intercambio de señales de voz entre dos teléfonos más de la misma red.

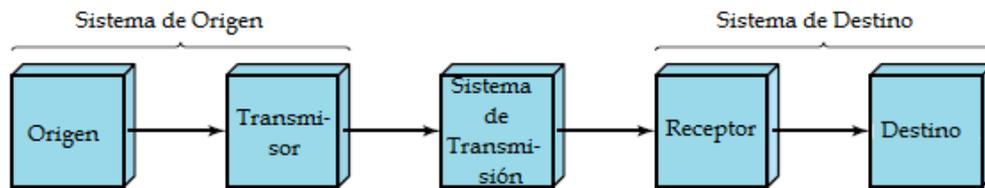


Figura 2. 2: Diagrama de bloques general del modelo simplificado de comunicaciones.

Fuente: López O., F. (2002).

Los elementos claves del modelo son los siguientes:

- ✓ **Origen:** este dispositivo genera los datos a transmitir; por ejemplo los teléfonos y los ordenadores personales.
- ✓ **Transmisor:** por lo general, los datos generados por un sistema de origen (fuente) no se transmiten directamente en la forma en que fueron generados. Más bien, un transmisor transforma y codifica la información de una manera tal como para producir señales electromagnéticas que pueden ser transmitidas a través de algún tipo de sistema de transmisión. Por ejemplo, un módem toma un flujo de bits digital a partir de un dispositivo conectado, tal como un ordenador personal y que transforma flujo de bits en una señal analógica que puede ser manejado por la red telefónica.
- ✓ **Sistema de transmisión:** esta puede ser una única línea de transmisión o una fuente de red compleja que conecta al destino.

- ✓ **Receptor:** El receptor acepta la señal del sistema de transmisión y la convierte en una forma que puede ser manejado por el dispositivo de destino. Por ejemplo, un módem aceptará una señal analógica procedente de una red o línea de transmisión y convertirlo en un flujo de bits digital.
- ✓ **Destino:** Toma los datos de entrada del receptor.

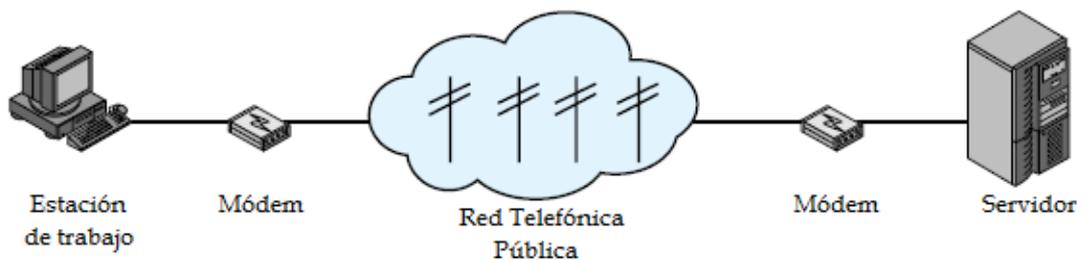


Figura 2. 3: Ejemplo de un sistema simplificado de comunicaciones.
Fuente: López O., F. (2002).

Esta simple narrativa disimula una gran variedad de complejidad técnica. Para tener una idea del alcance de esta complejidad, se enumeran algunas de las principales tareas (véase la tabla 2.1) que deben ser realizadas en un sistema de comunicaciones de datos. El listado es algo arbitrario: los elementos se podrían añadir; los elementos de la lista podrían fusionarse; y algunos artículos representan varias tareas que se realizan en diferentes "niveles" del sistema. Sin embargo, la lista en su forma actual es sugestiva del alcance del presente trabajo de titulación.

Tabla 2. 1: Principales tareas en los sistemas de comunicaciones.

Uso del sistema de transmisión
Direccionamiento
Interconexión
Servicio de enrutamiento
Generación de señales
Recuperación
Sincronización
Formateo de mensajes
Gestión de Exchange
Seguridad
Detección y corrección de errores
Gestión de redes
Control de flujo

Fuente: Andrade, R., Salas, P., & Santos P., Daniel (2008).

De la tabla 2.1, la utilización del sistema de transmisión, se refiere a la necesidad de hacer un uso eficiente de las instalaciones de transmisión que normalmente se comparten entre varios dispositivos de comunicación. Varias técnicas (haciendo referencia a la multiplexación) se utilizan para asignar la capacidad total de un medio de transmisión entre un número de usuarios. Las técnicas de control de congestión pueden ser requeridas, para asegurar que el sistema no se sienta abrumado debido a la demanda excesiva de servicios de transmisión.

Para comunicar, un dispositivo electrónico deberá interactuar con el sistema de transmisión. Es decir, que todas las formas de comunicación

dependen de la utilización de señales electromagnéticas propagadas en un medio de transmisión. Por lo tanto, una vez que se establece una interfaz, se requiere la generación de señales para la comunicación. Las propiedades de la señal, tales como la forma y la intensidad, debe ser: (1) capaz de propagarse a través del sistema de transmisión, y (2) interpretable como datos en el receptor.

No sólo se deben generar las señales para ajustarse a los requisitos del sistema y del receptor de transmisión, sino que también tiene que haber alguna forma de sincronización entre el transmisor y el receptor. El receptor debe ser capaz de determinar cuándo una señal comienza a llegar y cuando termina. También debe conocer la duración de cada elemento de señal.

Más allá de la cuestión básica de decidir sobre la naturaleza y la sincronización de las señales, hay una variedad de requisitos para la comunicación entre dos puntos, que pueden ser recogidos bajo la gestión de cambio de plazo. Si los datos se intercambian en ambas direcciones durante un período de tiempo, los dos puntos deben cooperar. Por ejemplo, los dos puntos participan en una conversación telefónica, una de las partes debe marcar el número de la otra, haciendo que las señales generen un sonido de llamada telefónica. La parte llamada finaliza una conexión por descolgar.

Para los dispositivos de procesamiento de datos, se necesitará más que simplemente establecer una conexión; ciertas convenciones deben ser

decididas. Estas convenciones, podrán incluir si ambos dispositivos pueden transmitir simultáneamente o deben esperar su turno, la cantidad de datos a enviar a la vez, el formato de los datos, y qué hacer si se cumplen ciertas condiciones, tales como un error.

Los siguientes dos elementos podrían haber sido incluidos en la gestión de cambio, pero parece lo suficientemente importante para enumerar por separado. En todos los sistemas de comunicaciones, existe una posibilidad de error; las señales transmitidas se distorsionan hasta cierto punto antes de llegar a su destino. La detección y corrección de errores, son necesarias en circunstancias en las que los errores no pueden ser tolerados. Éste es generalmente el caso de los sistemas de tratamiento de datos.

Por ejemplo, para transferir un archivo desde una computadora a otra, simplemente no es aceptable que el contenido del archivo sea alterado accidentalmente. Se requiere el control de flujo para garantizar que la señal de origen (fuente) no abrume el destino, mediante el envío de datos más rápido de lo que pueden ser procesados y absorbidos.

A continuación se muestran los conceptos relacionados pero distintos de direccionamiento y enrutamiento. Cuando más de dos dispositivos comparten una instalación de transmisión, un sistema de fuente debe indicar la identidad del destino previsto. El sistema de transmisión deberá garantizar que el sistema de destino, y únicamente ese sistema reciba los datos.

Además, el sistema de transmisión puede ser en sí misma una red a través del cual se pueden tomar varios caminos. Una ruta específica a través de este canal debe elegirse.

La recuperación es un concepto diferente de la de corrección de errores. Son necesarias técnicas de recuperación en situaciones en las cuales el intercambio de información, como una operación entre base de datos o la transferencia de archivos, es interrumpido debido a fallos en alguna parte del sistema. El objetivo es poder reanudar la actividad en el punto de interrupción o al menos para restaurar el estado de los sistemas implicados a la condición antes del comienzo del intercambio.

El formateo de mensajes tiene que ver con un acuerdo entre dos partes, en cuanto a la forma de los datos que se intercambian o son transmitidos, como el código binario de caracteres. Con frecuencia, es importante para proporcionar cierta medida de seguridad en un sistema de comunicaciones de datos. El remitente de los datos podría estar seguro de que únicamente el destinatario reciba realmente los datos. Y el receptor podría estar seguro de que los datos recibidos no han sido alterados en tránsito y que los datos que en realidad provienen del supuesto remitente.

Por último, un centro de comunicaciones de datos es un sistema complejo que no se puede crear o funcionar por sí mismo. Se necesitan las capacidades de gestión de red para configurar el sistema, supervisar su

estado, reaccionar a fallos y sobrecargas, y planificar de manera inteligente para el crecimiento futuro.

Así, se ha pasado de la simple idea de la comunicación de datos entre el origen y el destino de una lista bastante formidable de las tareas de comunicación de datos. En este libro, elaboramos esta lista de tareas para describir y abarcar todo el conjunto de actividades que puedan clasificarse en las comunicaciones de datos y de la computadora.

2.3. Comunicaciones de Datos.

Una vez que se explicó en la sección anterior, la presente describe los aspectos más fundamentales de la función de comunicaciones, centradas en la transmisión de señales de una manera fiable y eficiente.

2.3.1. Un modelo de datos de Comunicaciones

En la figura 2.4 se muestra una nueva perspectiva sobre el modelo de comunicaciones que se mostró en figura 2.2. Ésta por ejemplo, traza detalles de cifrado a través del correo electrónico. Supongamos que el dispositivo de entrada y el transmisor son componentes de un ordenador personal. El usuario del PC desea enviar un mensaje $\langle\langle m \rangle\rangle$ a otro usuario. El usuario activa el paquete de correo electrónico en el PC y entra el mensaje a través del teclado (dispositivo de entrada). La cadena de caracteres se almacena temporalmente en la memoria principal. Podemos verlo como una secuencia de bits (g) en la memoria. El ordenador personal está conectado a algún

medio de transmisión, tal como una red local o una línea telefónica, por un dispositivo de E/S (transmisor), tal como un transceptor de red local o un módem.

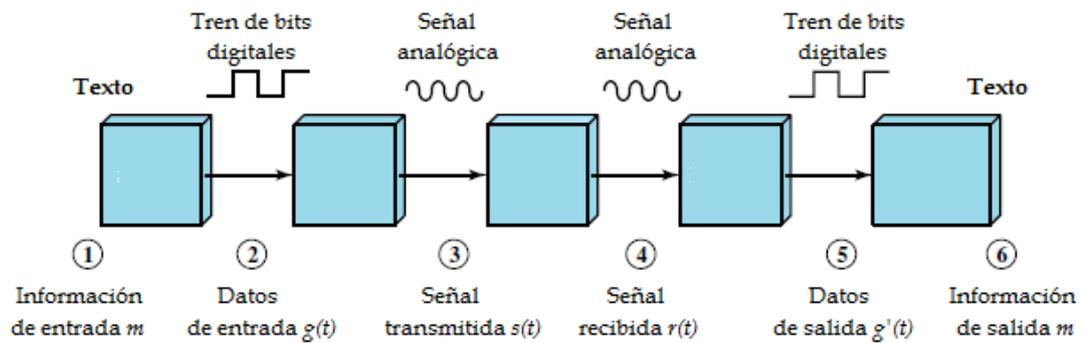


Figura 2. 4: Modelo simplificado de las comunicaciones de datos.

Fuente: Alchele, C., Flickenger, R., Fonda, C., Howard, I., Krag, T. & Zennaro, M. (2006).

Los datos de entrada son transferidos al transmisor como una secuencia de desplazamientos de voltajes $[g(t)]$, la misma representa los bits en sobre algunos buses o cables de comunicaciones, tal como se ilustra en la figura 2.4. El transmisor está conectado directamente en el medio del diagrama de bloques, convierte la corriente $[g(t)]$ entrante en una señal $[s(t)]$ adecuada para la transmisión. La señal transmitida $s(t)$ presenta una serie de deficiencias antes de llegar al receptor.

Por lo tanto, la señal recibida $r(t)$ puede diferir de $s(t)$. El receptor tratará de estimar los originales $s(t)$, basado en $r(t)$ y su conocimiento del medio, la producción de una secuencia de bits $G'(t)$. Estos bits se envían a la computadora personal de salida, donde se almacenan brevemente en la memoria como un bloque de bits (G'). En muchos casos, el sistema de

destino tratará de determinar si ha ocurrido un error y, de ser así, cooperar con el sistema de origen para obtener finalmente un bloque completo, sin errores de datos. Estos datos se presentan a continuación al usuario a través de un dispositivo de salida, tal como una impresora o pantalla. El mensaje m' como se ve por el usuario por lo general será una copia exacta del mensaje original (m).

Ahora consideremos una conversación telefónica, para este ejemplo la entrada del teléfono es un mensaje (m) cuya señal es una onda sonora. Las ondas sonoras, son convertidas por el teléfono en señales eléctricas de la misma frecuencia. Estas señales se transmiten sin modificaciones por la línea telefónica.

Por lo tanto, la señal de entrada $g(t)$ y la señal transmitida $s(t)$ son idénticas. Las señales $s(t)$ sufrirá de distorsiones en el medio, de tal manera que $r(t)$ no sea idéntica a $s(t)$. Sin embargo, la señal $r(t)$ se convierte de nuevo en una onda sonora, sin ningún intento de corrección o mejora de la calidad de la señal. Por lo tanto, m' no es una réplica exacta de m . Sin embargo, el mensaje de sonido recibido es generalmente comprensible para el oyente.

La discusión hasta ahora no toca otros aspectos clave de las comunicaciones de datos, incluyendo las técnicas de control de enlace de

datos que permita controlar el flujo de datos y la detección y corrección de errores, y las técnicas de multiplexación para la eficiencia de la transmisión.

2.3.2. La transmisión de la información.

El bloque básico de cualquier equipo de comunicaciones es la línea de transmisión. Gran parte de los detalles técnicos de cómo la información es codificada y transmitida a través de una línea debe ser conocido por todo ingeniero en telecomunicaciones para administrar una red de comunicaciones. El ingeniero se ocupa de que si la instalación en particular ofrece la capacidad requerida, con una fiabilidad aceptable, a un costo mínimo. Sin embargo, hay ciertos aspectos de la tecnología de transmisión que un administrador (ingeniero) debe entender y ser capaz de hacer las preguntas adecuadas y tomar decisiones en base a la información conocida.

Una de las elecciones básicas que enfrenta un administrador de redes es el medio de transmisión. Por ejemplo, si se desea utilizar dentro de establecimientos comerciales, esta decisión (elección) suele ser completamente de la empresa. En el caso de comunicaciones de larga distancia, la elección generalmente la toma el administrador, pero no es decidida por la operadora(Carrier) a larga distancia.

En cualquier caso, los cambios en la tecnología, están cambiando rápidamente la mezcla de medios de comunicación, entre las que destacan, la transmisión por fibra óptica (véase en la figura 2.5) y la transmisión

inalámbrica (por ejemplo, vía satélite –ver figura 2.6- y radio –ver figura 2.7-). Estos dos medios de comunicación están impulsando la evolución de la transmisión de las comunicaciones de datos.

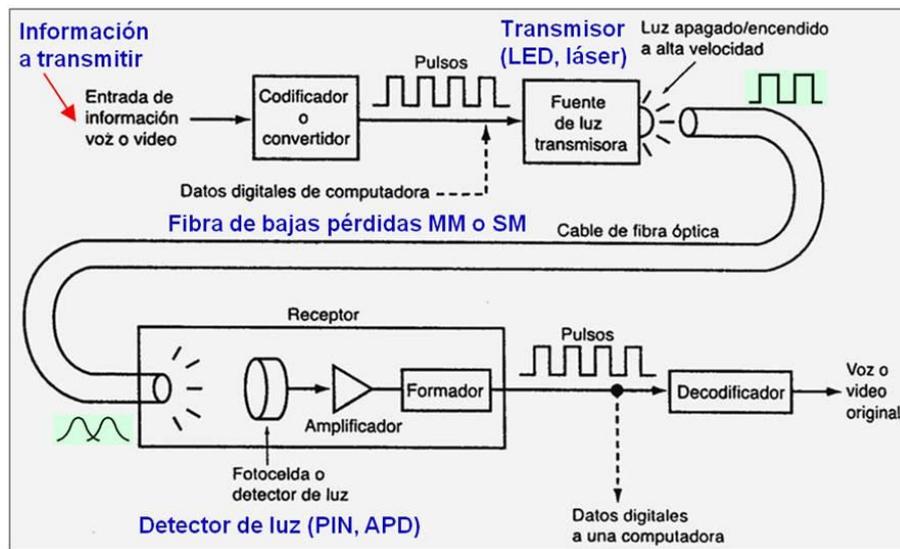


Figura 2. 5: Sistema de transmisión por fibra óptica.
Fuente: Coimbra G, E. (2010).

La capacidad creciente de canales de fibra óptica está haciendo que la capacidad del canal sea un recurso virtualmente o prácticamente libre. El crecimiento del mercado de los sistemas de transmisión por fibra óptica desde el comienzo de la década de 1980 no tiene precedentes. Durante los últimos 10 años, el costo de la transmisión por fibra óptica se ha reducido en más de un orden de magnitud, y la capacidad de estos sistemas ha crecido a casi un ritmo acelerado.

Las troncales de comunicaciones telefónicas de larga distancia dentro de los Estados Unidos consisten casi por completo del cable de fibra óptica. Debido a su gran capacidad y por sus características de seguridad (la fibra

es prácticamente imposible de tocar) se ha ido extendiendo en los edificios, oficinas. Sin embargo, ese cambio se convirtió en un cuello de botella, lo que provocaron cambios radicales en la arquitectura de comunicaciones, incluyendo el modo de transferencia asíncrono (ATM) de conmutación y de los sistemas integrados de gestión de red.

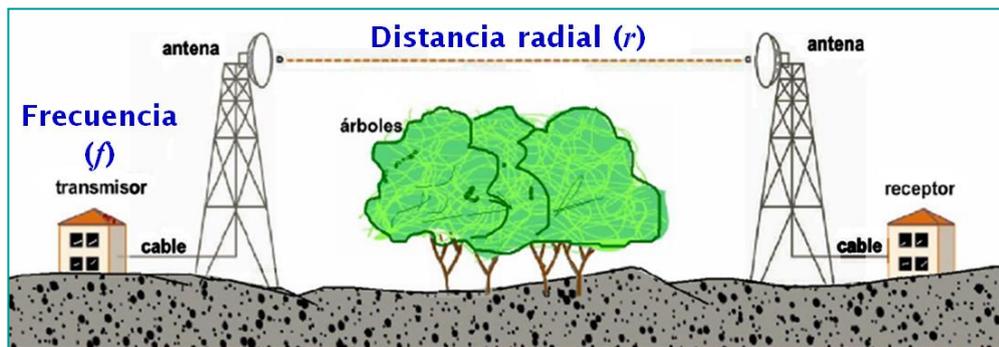


Figura 2. 6: Sistema de transmisión inalámbrico por radio.
Fuente: Coimbra G, E. (2010).

El segundo medio (transmisión inalámbrica) es el resultado de la tendencia hacia las telecomunicaciones personales universales y el acceso universal a las comunicaciones. El primer concepto se refiere a la capacidad de una persona para identificarse a sí mismo con facilidad y utilizar convenientemente cualquier sistema de comunicación en un área grande (por ejemplo, a nivel mundial, más de un continente o en todo un país) en términos de una sola cuenta. El segundo se refiere a la capacidad de utilizar la terminal de uno en una amplia variedad de ambientes para conectarse a los servicios de información (por ejemplo, tener un terminal portátil que funcionará en la oficina, en la calle, y en los aviones igualmente bien).

Esta revolución en la informática personal implica, obviamente, la comunicación inalámbrica de una manera fundamental. A pesar del crecimiento en la capacidad y la caída en el costo de las instalaciones de transmisión, los servicios de transmisión siguen siendo el componente más costoso de un presupuesto de comunicación para la mayoría de las empresas.

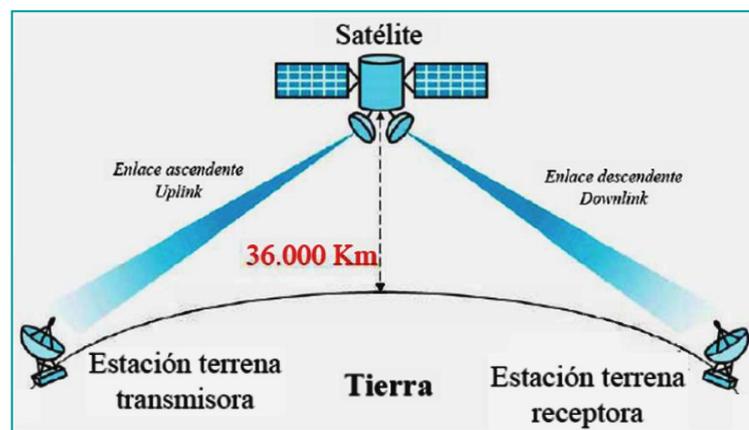


Figura 2. 7: Sistema de transmisión inalámbrico por radio.
Fuente: Coimbra G, E. (2010).

Por lo tanto, el administrador tiene que ser consciente de las técnicas que aumentan la eficiencia de la utilización de estas instalaciones. Los dos enfoques principales para una mayor eficiencia son la multiplexación y compresión. La multiplexación refiere a la capacidad de un número de dispositivos para compartir una instalación de transmisión. Si cada dispositivo necesita la instalación de solamente una fracción del tiempo, a continuación, un acuerdo de distribución permite que el coste de la instalación que se extiende por muchos usuarios. La compresión, como el nombre indica, consiste en exprimir los datos de modo que un equipo de

transmisión sea de menor capacidad y económico, se pueda utilizar para satisfacer una demanda dada.

Estas dos técnicas se muestran por separado y en combinación en un número de tipos de equipos de comunicaciones. El ingeniero (administrador) tiene que entender estas tecnologías, para ser capaz de evaluar la conveniencia y la rentabilidad de los distintos productos en el mercado.

2.4. Redes de Datos.

El número de computadoras en uso en todo el mundo se encuentra en cientos de millones de personas. Por otra parte, la expansión de la memoria y poder de procesamiento de estos equipos, significa que los usuarios pueden poner las máquinas a trabajar en nuevos tipos de aplicaciones y funciones. En consecuencia, la presión de los usuarios de estos sistemas para comunicarse entre todas estas máquinas es irresistible. Está cambiando la forma en que los vendedores piensan y la forma en todos los productos y servicios de automatización se venden. Esta demanda de conectividad se manifiesta de dos requisitos específicos: la necesidad de software de comunicaciones, que es una vista previa en la siguiente sección, y la necesidad de redes.

Un tipo de red que se ha convertido ubicuo, es la red de área local (LAN). De hecho, las redes LAN se encuentran en casi todos los edificios de oficinas de tamaño medio y grande. A medida que el número y la potencia

de los dispositivos informáticos han crecido, también lo han hecho el número y la capacidad de las redes de área local que se encuentran en una oficina.

Aunque se han desarrollado normas que reducen tanto el número de tipos de redes de área local, todavía hay media docena de tipos generales de redes de área local para elegir. Además, numerosas oficinas necesitan más que una de esas redes, con los consiguientes problemas de interconexión y gestión de una variada colección de redes, ordenadores y terminales.

Los avances tecnológicos han dado lugar a un aumento en gran medida de la capacidad y el concepto de integración. La integración significa que los equipos y las redes de los clientes pueden tratar simultáneamente voz, datos, imágenes, e incluso vídeo. Por lo tanto, una nota o informe pueden ir acompañados de comentarios de voz, gráficos de presentación, y tal vez incluso una introducción en un corto video o resumen.

Los servicios de Imagen y vídeo, imponen grandes exigencias a la transmisión de la red de área amplia. Además, como las LAN se vuelven universales y que sus tasas de transmisión aumentan, las demandas sobre las redes de área amplia para apoyar la interconexión de LAN han aumentado las demandas de capacidad de la red de área amplia y de conmutación.

Por otro lado, afortunadamente, la capacidad enorme y siempre creciente de la transmisión por fibra óptica proporciona amplios recursos para satisfacer estas demandas. Sin embargo, el desarrollo de sistemas de conmutación con la capacidad y respuesta rápida para apoyar estas mayores necesidades es un reto aún no conquistado.

Las oportunidades para el uso de redes como una herramienta competitiva agresiva y como un medio para mejorar la productividad y recortar costos son grandes. El gerente que entiende la tecnología y se puede tratar eficazmente con los proveedores de servicio y el equipo es capaz de mejorar la posición competitiva de una empresa. En el resto de esta sección, ofrecemos una breve reseña de las diversas redes.

2.4.1. Redes de Área Amplia

Las redes WAN generalmente cubren una gran área geográfica, se basan, al menos en parte, en los circuitos proporcionados por una empresa denominada "Carrier", tal como se muestra en la figura 2.8. Típicamente, una WAN se compone del número de nodos de conmutación interconectados. Una transmisión de cualquier dispositivo, enruta a través de estos nodos internos al dispositivo de destino especificado. Estos nodos no están preocupados con el contenido de los datos; más bien, su propósito es proporcionar una instalación de conmutación que moverá los datos de nodo a nodo hasta que alcanzan su destino.

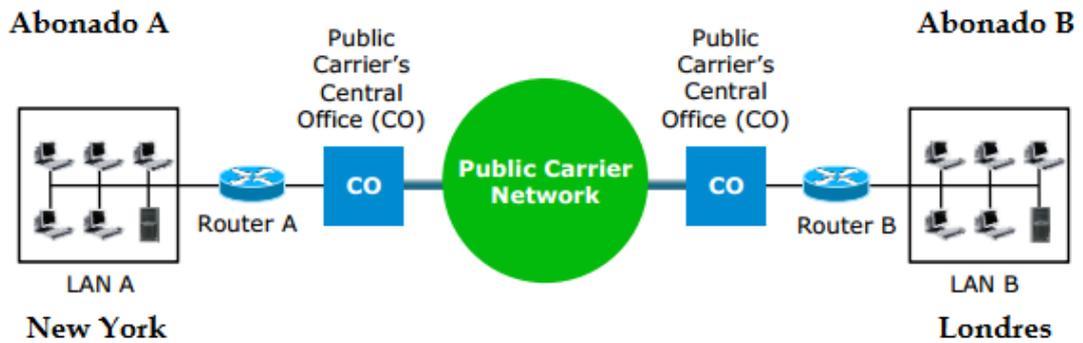


Figura 2. 8: Diagrama de bloques de una red de área amplia – WAN.

Fuente: <http://www.hp.com/rnd/pdfs/WANDesignGuide.pdf>

Tradicionalmente, las redes WAN se han aplicado utilizando una de las dos tecnologías: la conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Más recientemente, las redes frame relay y ATM han asumido un papel importante.

a. **La conmutación de circuitos:**

En una red de conmutación de circuitos, se establece una vía de comunicación dedicado entre dos estaciones a través de los nodos de la red. Ese camino es una secuencia conectada de enlaces físicos entre nodos. En cada enlace, un canal lógico está dedicado a la conexión. Los datos generados por la estación de origen se transmiten a lo largo de la ruta de acceso dedicado tan rápidamente como sea posible. En cada nodo, los datos entrantes se enruta o conmuta al canal de salida adecuada, sin Delay. El ejemplo más común de la conmutación de circuitos es la red telefónica, tal como se ilustra la figura 2.9.

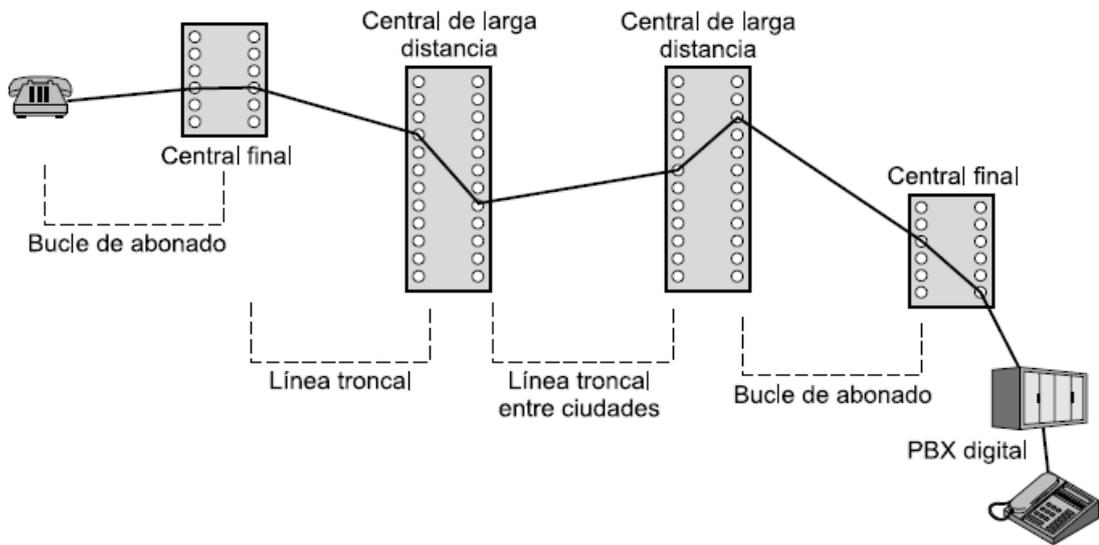


Figura 2. 9: Diagrama de bloques de la conexión de una red telefónica pública.
Fuente: Stallings, W., (2007)

b. Conmutación de paquetes

Un enfoque bastante diferente se utiliza en la red de conmutación de paquetes tal como se muestra en la figura 2.10. En el presente caso, no es necesario dedicar la capacidad de transmisión junto a una ruta de acceso a través de la red. Más bien, los datos son enviados en una secuencia de pequeños fragmentos, llamados paquetes. Cada paquete pasa a través de la red desde un nodo a otro a lo largo de algún camino, que va desde el origen al destino.

En cada nodo, se recibe todo el paquete, almacena brevemente, y luego transmite al siguiente nodo. Las redes de conmutación de paquetes son de uso general para las comunicaciones de terminal a la computadora y de computadora a computadora.

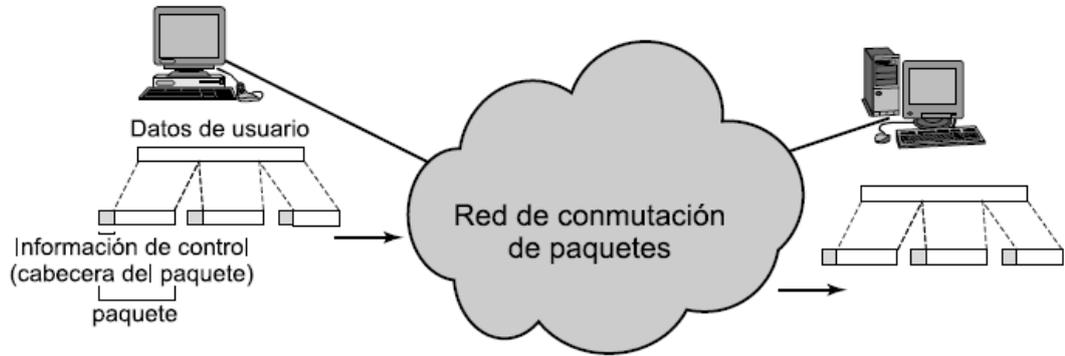


Figura 2. 10: Diagrama de bloques de una red de conmutación de paquetes.
Fuente: Stallings, W., (2007)

c. Retransmisión de tramas

La conmutación de paquetes se desarrolló en un momento en las instalaciones de transmisión de larga distancia digital, exhibieron una tasa de error relativamente alto en comparación con las instalaciones actuales. Como resultado, hay una cantidad considerable de sobrecarga incorporado en esquemas de conmutación de paquetes para compensar los errores.

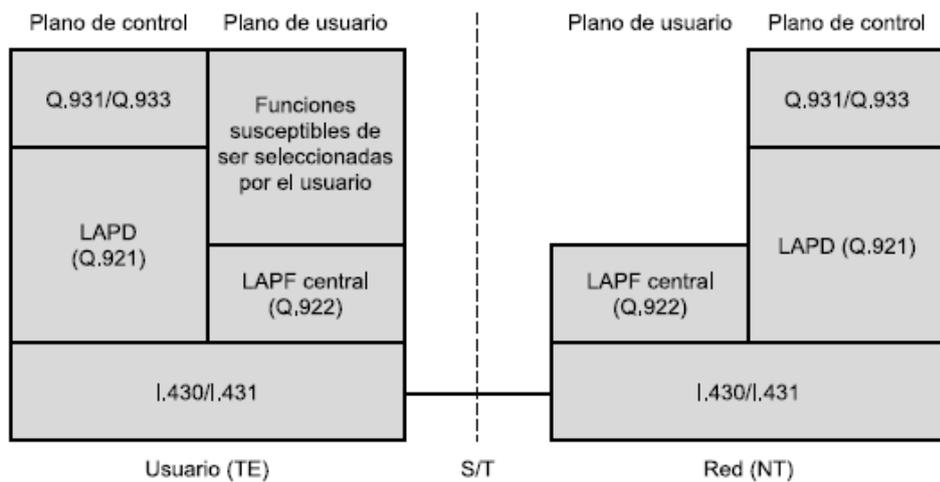


Figura 2. 11: Diagrama de bloques de arquitectura de retransmisión de tramas.
Fuente: Stallings, W., (2007)

La sobrecarga incluye bits adicionales añadidos a cada paquete para introducir redundancia y procesamiento adicional en las estaciones finales y los nodos de conmutación intermedios para detectar y recuperarse de los errores.

Con los modernos sistemas de telecomunicaciones de alta velocidad, esta sobrecarga es innecesaria y contraproducente. No es necesario, porque la tasa de errores se ha reducido drásticamente y los errores restantes pueden ser fácilmente atrapados en los sistemas finales, por la lógica que opera y por encima del nivel de la lógica de conmutación de paquetes. Es contraproducente porque la sobrecarga implicada, absorbe una fracción significativa de la alta capacidad que proporciona la red.

La retransmisión de tramas (frame relay) fue desarrollado para tomar ventaja de estas altas velocidades de datos y bajas tasas de error. Considerando que inicialmente las redes de conmutación de paquetes fueron creados con velocidades de datos para el usuario final de aproximadamente 64 kbps. Mientras que las redes de retransmisión de tramas están diseñados para operar de manera eficiente a velocidades de datos de usuario de hasta 2 Mbps. La clave para alcanzar estas altas velocidades de datos es que se deben eliminar la mayor parte de los gastos generales involucrados en el control de errores.

d. Modo de transferencia asíncrono - ATM:

El modo de transferencia asíncrono (ATM), a veces conocido como relé celular, es la culminación de la evolución de la conmutación de circuitos y de paquetes. Es decir, que se puede ver como una evolución de la retransmisión de tramas (frame relay). La diferencia más obvia entre la retransmisión de tramas (frame relay) y el modo de transferencia asíncrono (ATM), es que el primero utiliza paquetes de longitud variable, denominados tramas y mientras que el segundo utiliza paquetes de longitud fija, llamadas células. En la figura 2.12 se muestra la arquitectura del modo de transferencia asíncrona.

Al igual que con la retransmisión de tramas, el modo de transferencia asíncrono también proporciona poca sobrecarga para el control de errores, en función de la fiabilidad inherente del sistema de transmisión y sobre las capas superiores de la lógica de los sistemas finales para capturar y corregir errores.

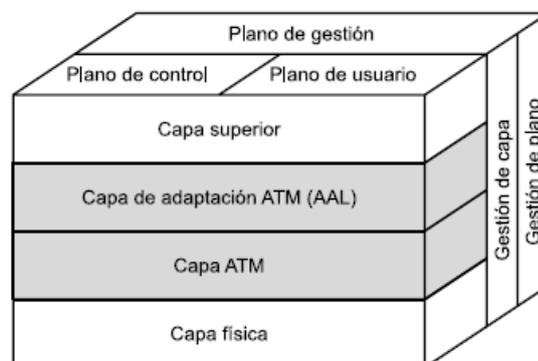


Figura 2. 12: Diagrama de bloques de arquitectura del protocolo de modo de transferencia asíncrono - ATM.

Fuente: Stallings, W., (2007)

Mediante el uso de una longitud de paquete fijo, la sobrecarga de procesamiento se reduce aún más para ATM en comparación a Frame Relay. El resultado, es que ATM está diseñado para funcionar en la gama de 10s y 100s de Mbps, y en el rango Gbps. El modo de transferencia asíncrono, como se mencionó anteriormente, debe verse como una evolución de la conmutación de circuitos. Con la conmutación de circuitos, los circuitos de velocidad de datos fija, estaban disponibles solamente para el sistema final.

El modo de transmisión asíncrona, permite la definición de múltiples canales virtuales con velocidades de datos que se definen de forma dinámica en el momento de crear el canal virtual. Mediante el uso de células pequeñas, de tamaño fijo, ATM es tan eficiente que puede ofrecer un canal de velocidad de datos constante a pesar de que está utilizando una técnica de conmutación de paquetes. Por lo tanto, la conmutación de circuitos ATM se extiende para permitir que múltiples canales con la velocidad de datos en cada canal de establecer dinámicamente bajo demanda.

2.4.2. Redes de área local.

Al igual que con las WAN, una LAN es una red de comunicaciones que interconecta una variedad de dispositivos y proporciona un medio para el intercambio de información entre los dispositivos. Hay varias diferencias clave entre las redes LAN y WAN:

1. El alcance de la LAN es pequeña, típicamente un solo edificio o un grupo de edificios. Esta diferencia en el alcance geográfico conduce a diferentes soluciones técnicas.
2. Por lo general, las redes LAN es propiedad de la misma organización propietaria de los dispositivos conectados. Mientras que las redes WAN, esto es menos frecuente, o no es propia, al menos, una fracción significativa de los activos de la red. Esto tiene dos implicaciones. En primer lugar, se debe tener cuidado en la elección de LAN, porque puede haber una inversión de capital considerable (en comparación cargos arrendadas para las WAN para acceso telefónico o) tanto para la adquisición y mantenimiento. En segundo lugar, la responsabilidad de gestión de red para una LAN recae exclusivamente en el usuario.
3. Los tipos de datos internas de las LAN son típicamente mucho mayores que las de las WAN.

Las redes LAN vienen en un número de diferentes configuraciones. Los más comunes son las LAN conmutadas y las redes LAN inalámbricas. La red LAN conmutada más común, es una Ethernet LAN conmutada, que puede consistir en un solo conmutador conectados con determinado número de dispositivos, o un número de conmutadores interconectados entre sí. Otros dos ejemplos prominentes son las redes LAN-ATM, que sólo tiene que utilizar una red ATM en un área local, y canales de fibra.

Las redes LAN inalámbricas utilizan una variedad de tecnologías de transmisión inalámbrica y topologías (véase la figura 2.13).

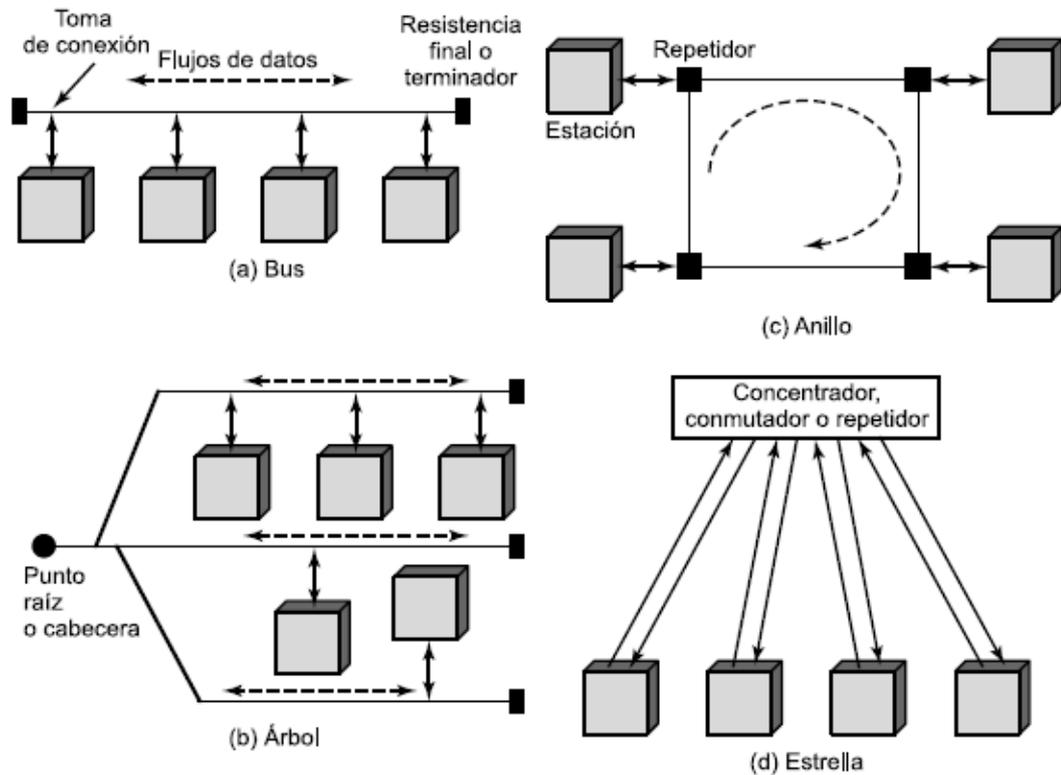


Figura 2. 13: Tecnologías y topologías de redes LAN inalámbricas.

Fuente: Stallings, W., (2007)

2.4.3. Redes Inalámbricas – Wi-Fi.

Como ya se explicó, las redes LAN inalámbricas actualmente son muy comunes, ya que son ampliamente utilizados en entornos de oficinas. La tecnología inalámbrica, también es común su uso en las redes de área amplia, ya sea para de voz y datos. Las redes inalámbricas proporcionan ventajas en los ámbitos de la movilidad y la facilidad de instalación y configuración.

2.5. El Internet.

El Internet evolucionó a partir de ARPANET, que fue desarrollado en 1969 por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA) del Departamento de Defensa de EE.UU. Fue la primera red de conmutación de paquetes operativa. ARPANET comenzó sus operaciones en cuatro lugares. Hoy en día el número de los ejércitos está en los cientos de millones de personas, el número de usuarios en los miles de millones, y el número de los países participantes acercándose a 200. El número de conexiones a Internet sigue creciendo exponencialmente.

La red tuvo tanto éxito que ARPA aplicó la misma tecnología de conmutación de paquetes para comunicación por radiotáctica (radio por paquetes, *packet radio*) y para comunicaciones vía satélite (SATNET). Debido a que las tres redes operan en diversos entornos de comunicación, los valores apropiados para ciertos parámetros, tales como tamaño máximo de paquete, eran diferentes en cada caso. Ante el dilema de la integración de estas redes, Vinton Cerf y Bob Kahn de ARPA, comenzaron a desarrollar métodos y protocolos para la interconexión; es decir, la comunicación a través de múltiples redes de conmutación de paquetes arbitrarias.

Posteriormente, Cerf, V., & Kahn, R., (1974) publicaron un artículo muy influyente en mayo de 1974 en el cual delineaban su enfoque de un Protocolo de Control de Transmisión. La propuesta se perfeccionó y ciertos detalles fueron cumplimentados por la comunidad ARPANET, con importantes

contribuciones de los participantes de las redes europeas, como Cyclades (Francia), y EIN, llevando eventualmente a los protocolos TCP (Protocolo de control de transmisión) e IP (Protocolo de Internet), el cual, a su vez, sirvió de base para lo que eventualmente se convirtió en el conjunto de protocolos TCP/IP. Esto proporcionó la base para el Internet.

La figura 2.14 muestra los elementos clave que conforman la Internet. El propósito de la Internet, por supuesto, es la interconexión de sistemas finales, llamados hosts; estos incluyen PCs, estaciones de trabajo, servidores, mainframes, etc. La mayoría de los hosts que utilizan Internet están conectados a una red, tal como una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN). Estas redes están a su vez conectadas por routers. Cada router une a dos o más redes. Algunos servidores, como los mainframes o servidores, se conectan directamente a un router en lugar de a través de una red.

En esencia, la Internet funciona de la siguiente manera: un host puede enviar datos a otro host en cualquier lugar en Internet; el host de origen divide los datos que se envían en una secuencia de paquetes, llamados datagramas IP o paquetes IP; cada paquete incluye una dirección numérica única de host destino, esta se conoce como una dirección IP, ya que la dirección se realiza en un paquete IP; en base a esta dirección de destino, cada paquete viaja a través de una serie de routers y redes de origen al destino; cada router, ya que recibe un paquete, toma una decisión de

encaminamiento y reenvía el paquete a lo largo de su camino hacia el destino.

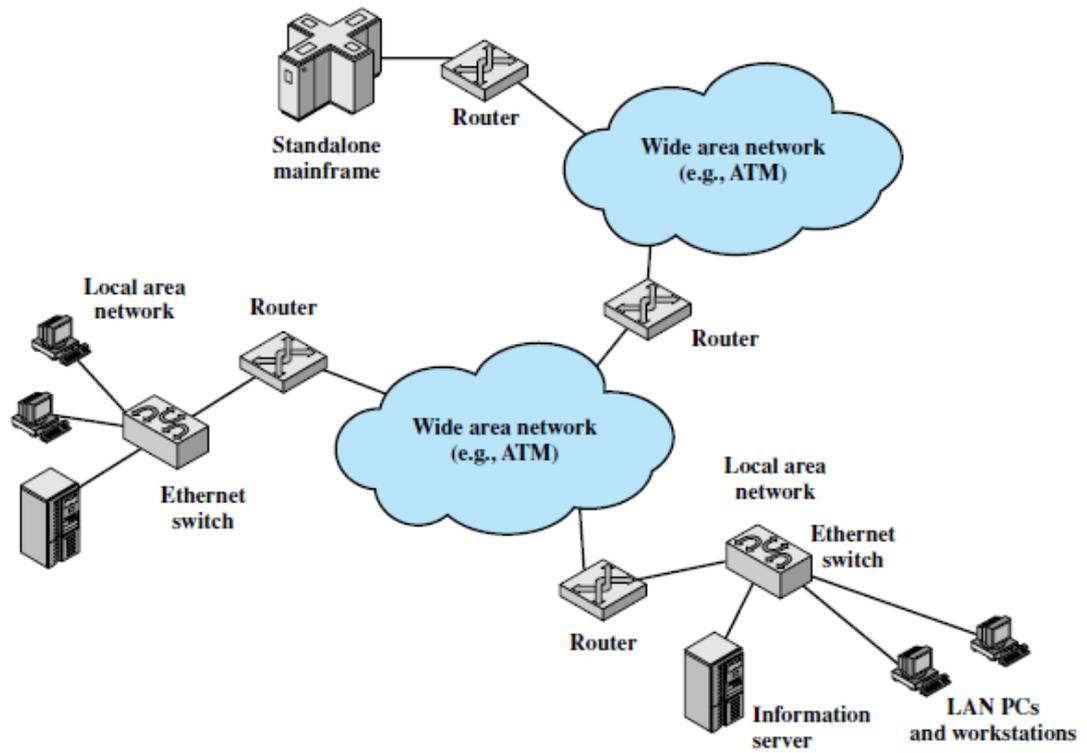


Figura 2. 14: Tecnologías y topologías de redes LAN inalámbricas.
Fuente: Stallings, W., (2007)

CAPÍTULO 3: Plataforma de Simulación OPNET.

3.1. Introducción aOPNET.

OPNET es un simulador de redes muy poderoso, cuyos propósitos principales son optimizar costes, rendimiento y disponibilidad. El objetivo de utilizar OPNET, es aprender los conceptos básicos de cómo utilizar el interfaz Modeler, así como una teoría de modelado básico de sistemas de comunicaciones de datos. Para construir un modelo de red en el editor de proyectos se debe seguir los pasos mostrados por la figura 3.1. Se utiliza para crear modelos de red, recopilar estadísticas directamente de cada objeto de red o desde la red como un agujero, ejecutar una simulación y ver los resultados.

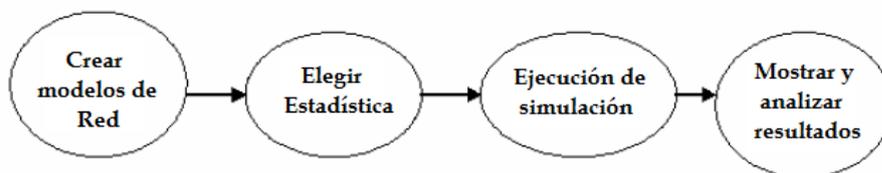


Figura 3. 1: Proceso del flujo de trabajo para editar proyectos en OPNET.
Fuente: OPNET.

3.2. Editor de proyectos.

La principal zona de puesta en escena para crear una simulación de la red, es el editor de proyectos. Se utiliza para crear un modelo de red mediante modelos de la biblioteca estándar, para recopilar información sobre la red, ejecutar la simulación y ver los resultados. El uso de editores especializados accesibles desde el editor de proyectos a través de *File* –

New, que permite crear nodos (véase la figura 3.2) y modelos de procesos, crear formatos de paquetes y crear filtros y parámetros de redes.

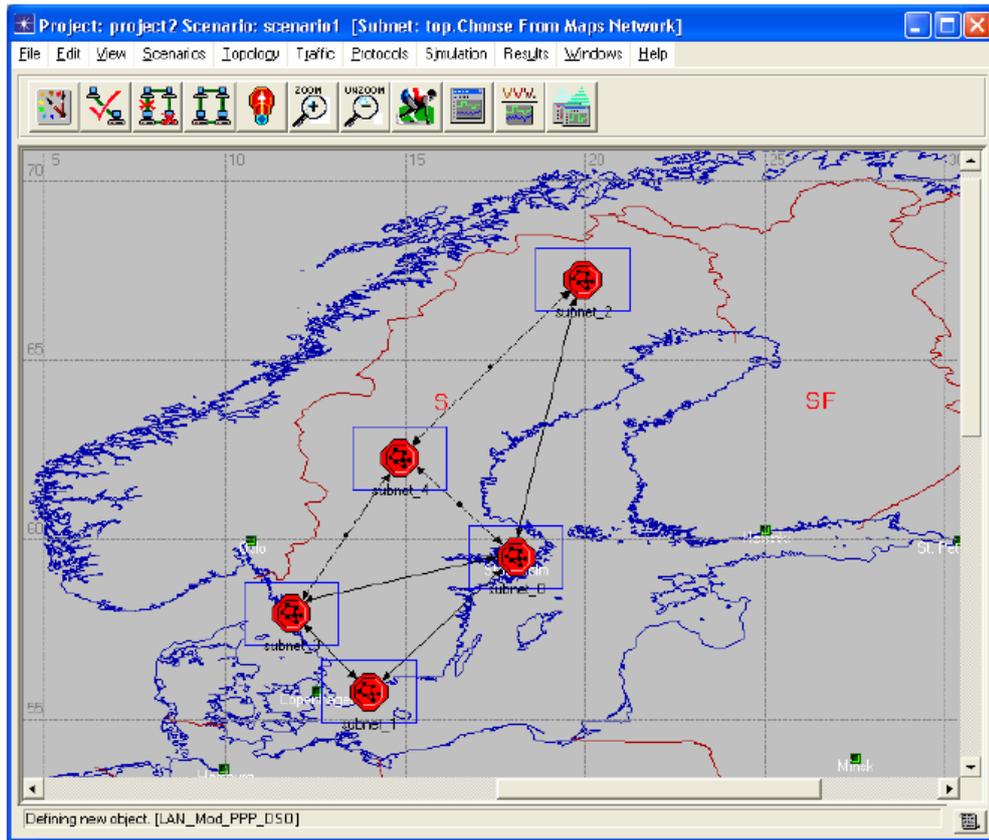


Figura 3. 2: Un modelo de red integrado en el editor de proyectos de OPNET.
Fuente: OPNET.

Dependiendo del tipo de red que se va a modelar, un modelo de red puede consistir en subredes y los nodos conectados punto a punto, bus, o enlaces de radio. Las subredes, nodos y enlaces se pueden colocar dentro de subredes, las cuales pueden ser tratadas como objetos individuales en el modelo de red. Esto es útil para separar el diagrama de red en partes manejables y proporciona una forma rápida de los grupos de nodos y enlaces de la duplicación.

3.3. Editor de nodos.

El editor de nodos se utiliza para crear modelos de los nodos. Luego se utilizan modelos de nodos para crear instancias de nodos dentro de las redes en el editor de proyectos. Internamente, los modelos de nodos OPNET tienen una estructura modular, tal como se muestra en la figura 3.3.

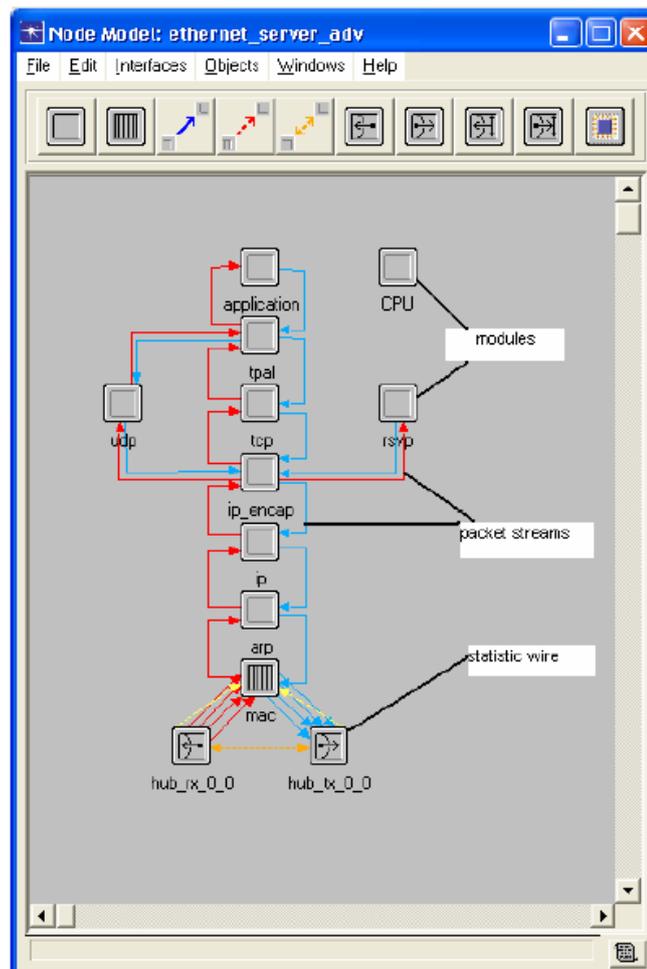


Figura 3. 3: Ejemplo de aplicación mediante el editor de nodos de OPNET.
Fuente: OPNET.

El usuario puede definir el nodo mediante la conexión de varios módulos con flujos de paquetes estadísticos o cables. Las conexiones entre los módulos permiten que los paquetes e información de estado se puedan

Las operaciones realizadas en cada estado o para transiciones, se pueden describen en C o bloques de código C ++.

3.5. Editor de Modelo de Enlace.

Este editor permite la posibilidad de crear nuevos tipos de objetos de vínculo. Cada nuevo tipo de enlace puede tener diferentes interfaces y representación de atributo. También es posible escribir comentarios específicos y palabras clave para facilitar el reconocimiento (véase la figura 3.5).

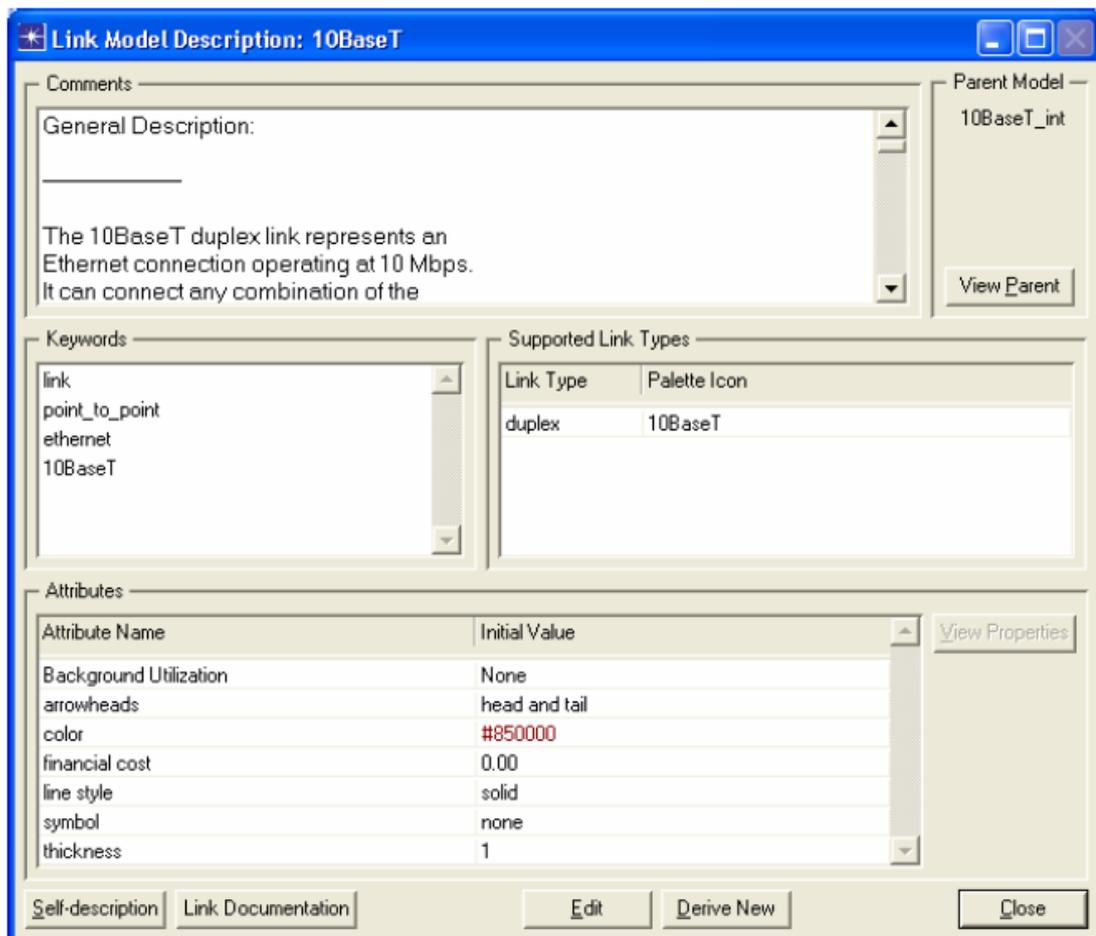


Figura 3. 5: Ventana para el modelo de editor de enlace.
Fuente: OPNET.

3.6. Editor de Rutas.

El editor de rutas (*Path Editor*) se utiliza para crear nuevos objetos de trazado que definen una ruta de tráfico. Cualquier modelo de protocolo utiliza conexiones lógicas o circuitos virtuales tales como MPLS, ATM, Frame Relay, etc., se puede utilizar rutas de tráfico de la ruta (véase la figura 3.6).

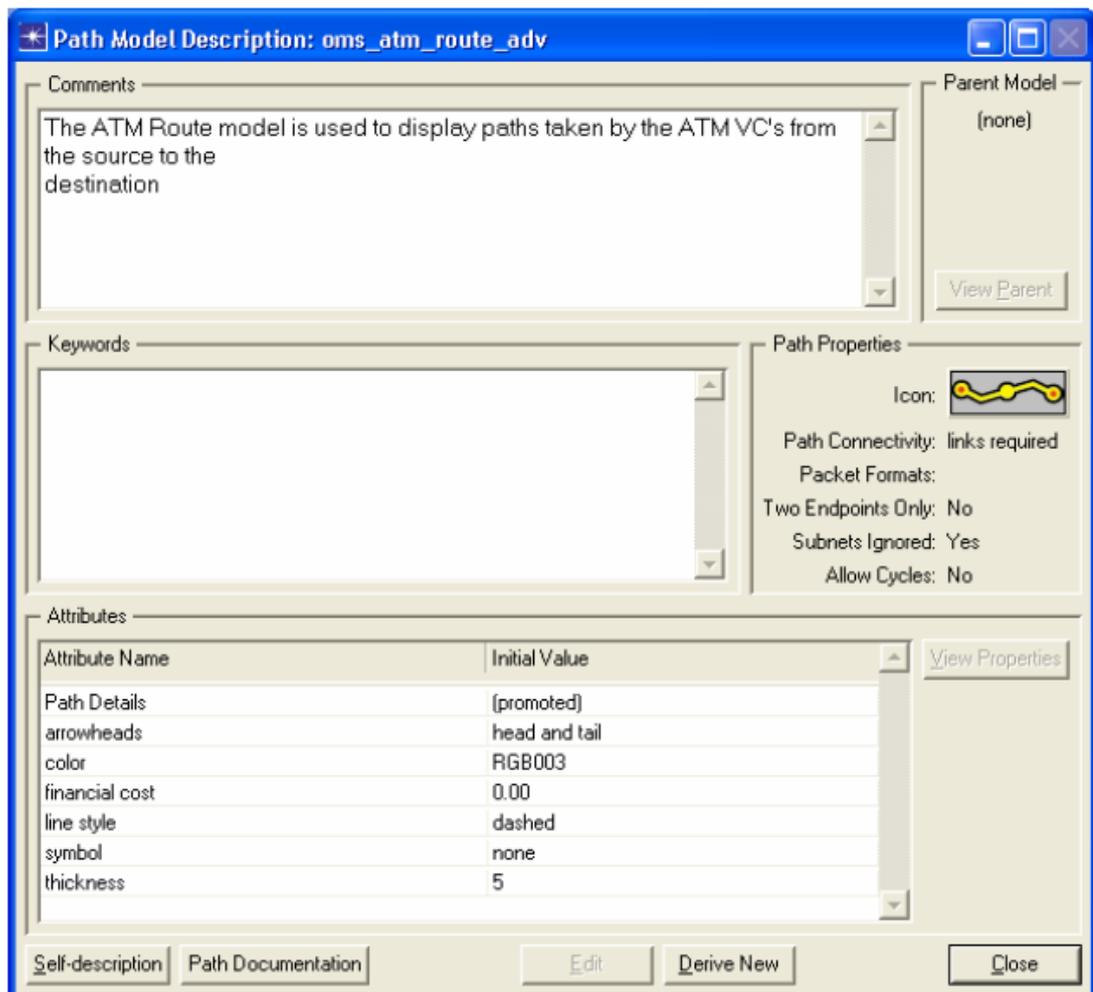


Figura 3. 6: Ventana del editor de rutas.
Fuente: OPNET.

3.7. Editor del formato de paquetes.

Al hacer uso de este editor es posible definir la estructura interna de un paquete como un conjunto de campos. Un formato de paquete contiene uno

o más campos, representados en el editor como cajas rectangulares de colores. El tamaño de la caja es proporcional al número de bits especificado como el tamaño del campo (véase la figura 3.6).

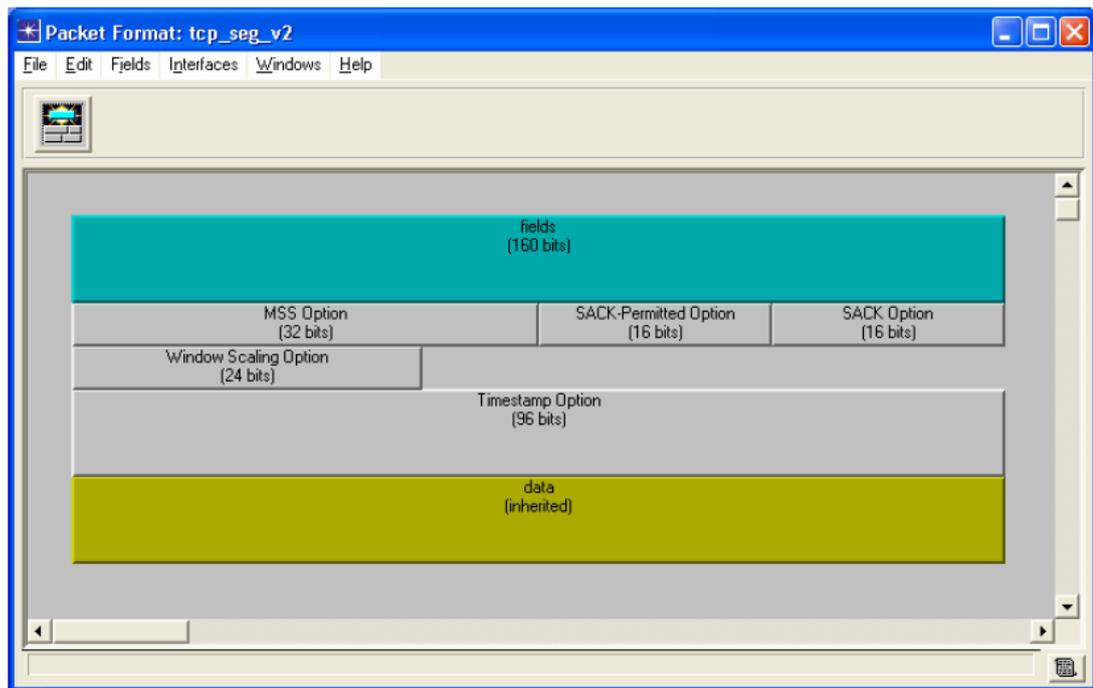


Figura 3. 7: Ventana del editor de formato de paquetes.
Fuente: OPNET.

CAPÍTULO 4: MODELADO, EVALUACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES DE DATOS

En este capítulo se modelará, evaluará y obtendrá resultados en la plataforma OPNET mediante las simulaciones de cuatro escenarios seleccionados cuidadosamente, para demostrar que con OPNET se tiene diversidad de aspectos en redes de datos como sea posible y estar a un nivel de dificultad adecuado tanto para estudiantes y docentes en cursos de comunicaciones de datos o sistemas telemáticos.

4.1. Modelado de TCP.

Se modelará un protocolo muy utilizado como lo es TCP, para examinar su comportamiento durante la fase inicial en OPNET, en la cual podemos aprender más acerca de OPNET y tal vez obtener una mejor comprensión del complejo protocolo TCP (en español, Protocolo de Control de Transmisión) y fiable.

Por ejemplo, si la capa de transporte subyacente, como IP, es sin conexión y carece de control de errores, TCP se hace responsable de los datos y los mantiene para volver a enviar y comprobar errores de los paquetes, hasta que son transmitidos de forma segura, o en caso de un vínculo roto, la transferencia esté bien abortada y las capas superiores se les informa del aborto.

Para implementaciones ingenuas de TCP, el remitente recibe el tamaño máximo de ventana deslizante del receptor durante el establecimiento de la conexión. En la primera ráfaga, el remitente envía ese número de datagramas. Si se congestiona un router intermedio, será descartado los paquetes, por lo tanto, se reducirá drásticamente el rendimiento.

Se inicia lentamente con una inyección de paquetes en la red a una velocidad en la que los acuses de recibo son devueltos por el otro extremo mediante el uso de una ventana de congestión, conocida como CWND. El CWND se inicia en el tamaño de un segmento según lo anunciado por el receptor. En Ethernet se utiliza normalmente 1460 bytes como tamaño del segmento. Para cada ACK recibido por el remitente, la CWND se incrementa en un segmento. Esto significa que CWND se duplica cada ronda exitosa, lo que da un crecimiento exponencial. El remitente envía el mínimo (CWND, ventana deslizante) número de paquetes antes de esperar más ACKs.

4.1.1. Descripción del modelo propuesto para TCP.

En la figura 4.1 se muestra la configuración utilizada para modelar el protocolo TCP, la misma contiene enlaces (links) avanzados PPP con velocidad ajustable (entre 10 kbps y 100 Mbps) y en algunos casos, uno de ellos se carga al 95% del resto del tráfico en ambas direcciones. En la nube de Internet, se retrasan los paquetes con 70 ms, que se simulan a una gran

distancia entre los puntos finales. El cliente descarga 10 archivos a 280 KBytes por hora desde el servidor a través de la FTP.

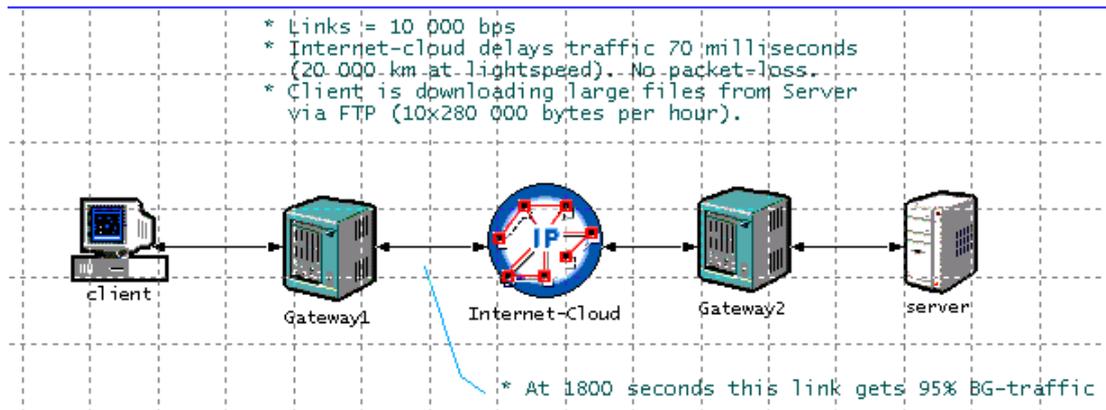


Figura 4. 1: Escenario completo del protocolo TCP modificado.
 Elaborado por el Autor.

4.1.2. Implementación del protocolo TCP.

El objetivo para este modelo de TCP es ver el comportamiento durante la fase inicial de una transferencia de paquetes, así como también se examina la versión incluida Proto-C de TCP. Abrimos el modelo del proceso propuesto "tcp_conn_v3", presionamos el botón "HB" para añadir "static TcpT_Size cwnd_bkup;" en la parte inferior del archivo y guardamos los cambios. En la mitad superior del estado de inicialización hacemos doble clic para modificar por el siguiente fichero mostrado en la figura 4.2.

```
/* Inicializar ventana de congestión y valores de umbral para inicio lento. */
/* Tomado de la página 310 de TCP/IP Vol. I por W. Richard Stevens). */
/* cwnd = snd_mss; */ /* No utilizar esto durante la prueba */

if (cwnd_bkup < 1)
    cwnd_bkup = snd_mss;
cwnd = cwnd_bkup;
printf("*** Init: Setting cwnd = %d\n", cwnd);
```

Figura 4. 2: Modificación del fichero de inicialización.
 Elaborado por el Autor.

4.1.3. Resultados de la modelación del protocolo TCP.

En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran realmente los cuatro escenarios con TCP modificado, que brindan grandes ventanas de congestión.

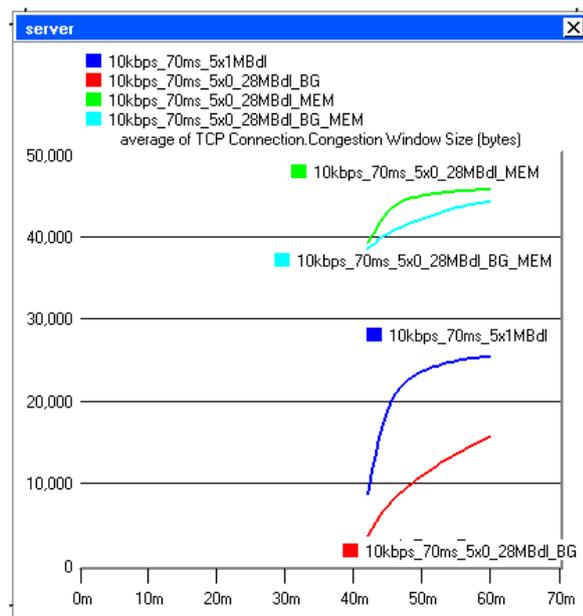


Figura 4. 3: Tamaño de la ventana de congestión en bytes en enlaces de 10kbps.
Elaborado por el Autor.

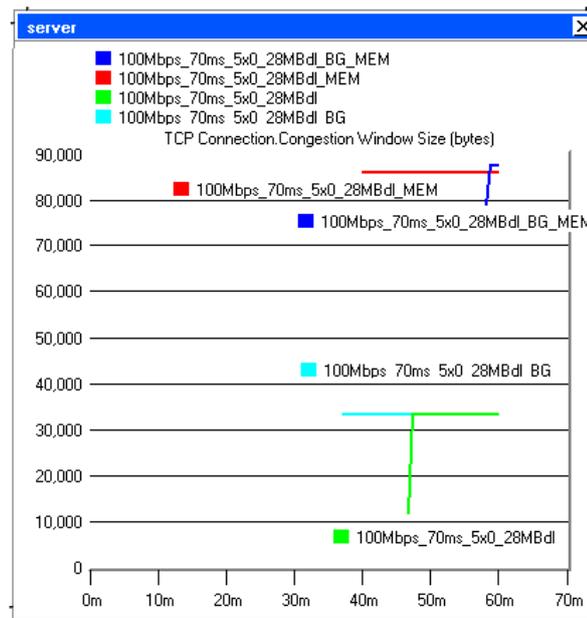


Figura 4. 4: Tamaño de la ventana de congestión en bytes en enlaces de 100Mbps.
Elaborado por el Autor.

En las figuras 4.5 y 4.6 se muestran las ventanas de recepción del cliente de acuerdo al seguimiento realizado por el servidor. El tamaño más grande de paquetes soportado es de 65535 y el único gran descenso de ese tamaño es el enlace de 100 Mbps con tráfico de fondo.

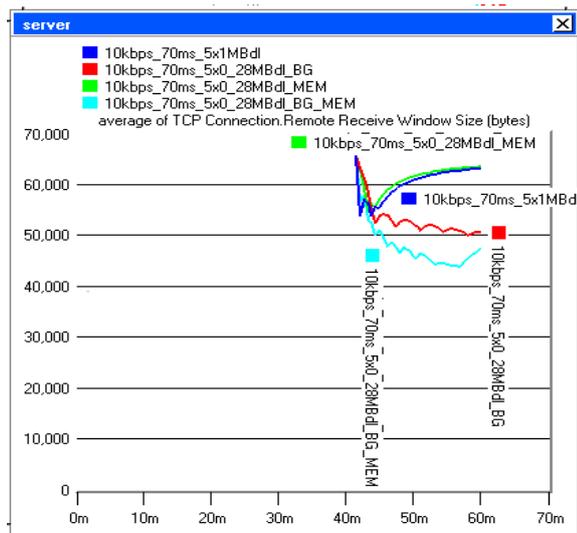


Figura 4. 5: Tamaño de la ventana de recepción remota en bytes en enlaces de 10kbps.
Elaborado por el Autor.

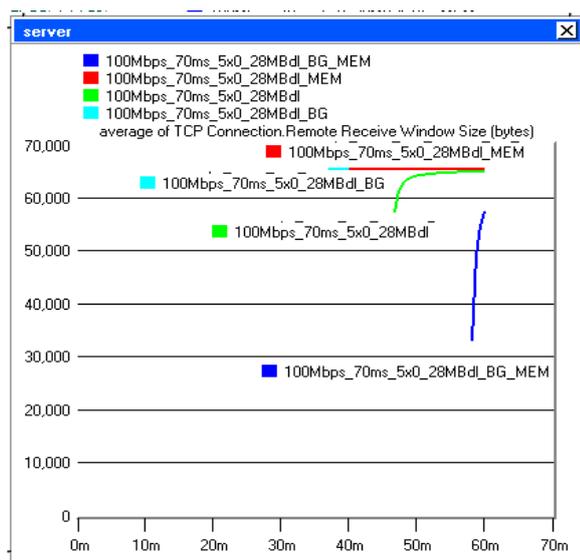


Figura 4. 6: Tamaño de la ventana de recepción remota en bytes en enlaces de 10Mbps.
Elaborado por el Autor.

La disminución prevista en el retardo TCP sólo es aparente en la figura 4.7, probablemente la lentitud de enlace (véase la figura 4.8) está impidiendo que los paquetes reciban retrasos inferiores de lo que ya tienen.

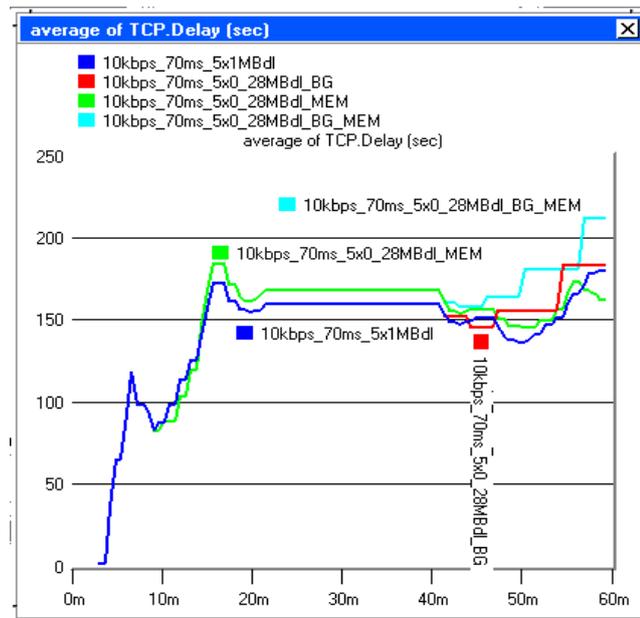


Figura 4. 7: Retardos del protocolo TCP en enlaces de 10kbps.
Elaborado por el Autor.

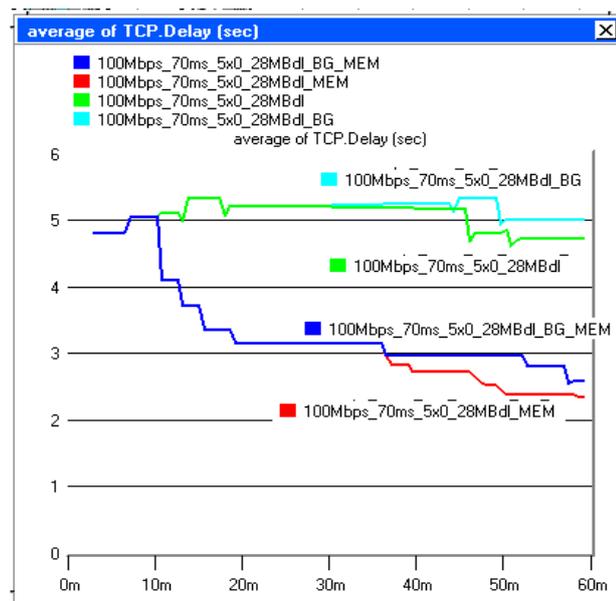


Figura 4. 8: Retardos del protocolo TCP en enlaces de 10Mbps.
Elaborado por el Autor.

Los resultados más interesantes se muestran en las figuras 4.9 y 4.10, donde se indica la cantidad real de datos transferidos. En primer lugar, hay dos grupos, uno de enlace lento y otro rápido.

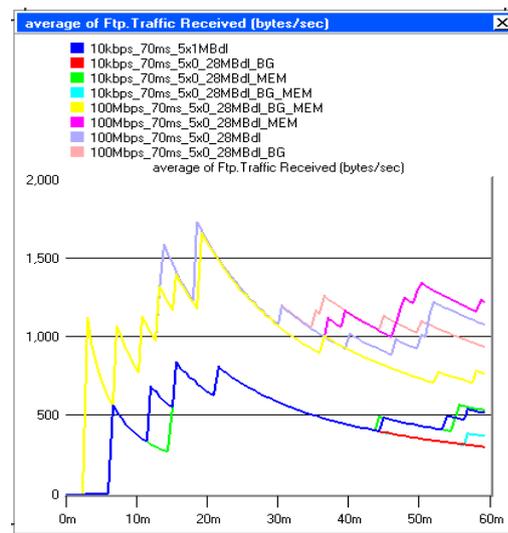


Figura 4. 9: Tráfico FTP recibido para todos los escenarios.
Elaborado por el Autor.

El protocolo modificado es el mejor en la carga de enlaces de 100 Mbps y el peor cuando fue cargado a 10 kbps.

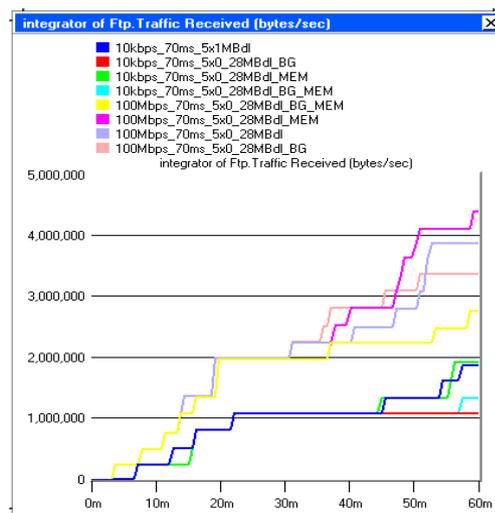


Figura 4. 10: Tráfico FTP recibido de la cantidad integrada de datos transferidos.
Elaborado por el Autor.

La conclusión es que hemos reducido los retardos de TCP, pero también se muestran diferencias apreciables en la velocidad de transferencia de datos.

4.2. Modelado de un protocolo de enrutamiento.

El Protocolo de Internet (IP) no puede encontrar por sí mismo el camino a través de una red con routers, existen varios protocolos (véase la tabla 4.1) que ayudan a determinar las rutas de IP adecuados para los paquetes. Cada protocolo de enrutamiento tiene su propia área en la red y la redistribución de la ruta se lleva a cabo en las fronteras con el fin de intercambiar información entre los protocolos y áreas. El tráfico generado por los protocolos de enrutamiento se denomina sobrecarga de enrutamiento y debe mantenerse a un mínimo, ya que utiliza para enlaces de valiosa capacidad.

Tabla 4. 1: Varios protocolos de enrutamiento y sus capacidades.

Protocolos	Distance- vector	Link State	Interior Gateway	Border Gateway	Multiple paths to destination.	Load Balancing	Static Cost	Dynamic Cost	Coste basándose en
RIP	X		X				?	?	Número de saltos
OSPF		X	X	X	X	X	X		Asignación estática
IGRP	X		X		X	X		X	Atributos de enlaces
BGP4		X	(X) IBGP4	X	X	X	X		Asignación estática

Fuente: OPNET.

Usaremos enlaces ideales, sin pérdida de paquetes, para mantener la complejidad del modelado dentro de límites razonables.

4.2.1. Elección del protocolo de enrutamiento.

Se examinarán dos protocolos de enrutamiento de la Tabla 4.1. La petición "ping" de los protocolos de mensajes de control de internet (ICMP) mediante la opción "registro de ruta", mostrará los cambios en las rutas durante la simulación. El escenario del modelado propuesto se muestra en la figura 4.11, en el mismo veremos cómo los protocolos escogidos manejan un fallo de enlace y un reinicio de enlace.

También trataremos de averiguar cuáles son las diferencias prácticas entre un protocolo de vector de distancia y un protocolo de estado de enlace. En teoría, un protocolo de vector-distancia periódicamente (cada 30 segundos) intercambia vectores-distancias con todos sus vecinos, que contiene una trayectoria de coste estimada a todas las redes, esto siempre que falle un enlace, que a menudo toma mucho tiempo para que las actualizaciones se propaguen a través de la red.

Mientras que los enrutadores (Routers) de estado de enlace determinan el costo del vínculo (enlace) para todas las interfaces y les anuncian a todos los demás routers. Si se cambia un coste de enlace, por

ejemplo por un fallo o adición de un enlace, el router anuncia inmediatamente el nuevo conjunto de coste de enlaces a todos los routers.

Debido a que todos los routers reciben toda la información, se pueden reconstruir la totalidad de la topología y calcular las rutas más cortas a todos los destinos. Esto proporciona actualizaciones más rápidas y enrutamiento más eficiente, pero la inundación de los routers puede generar una gran cantidad de tráfico.

RIP no se adapta bien y normalmente sólo se utiliza en redes pequeñas, que pueden ser parte de una red más grande. Es fácil de configurar y es el protocolo por defecto en la mayoría de los routers en OPNET, pero la falta de varias rutas a un destino y la incapacidad para trabajar como una puerta de enlace fronterizo hace que sea poco interesante para este modelado. IGRP es similar a RIP pero tiene soporte tanto para trayectos múltiples y el equilibrio de carga, por lo tanto, IGRP sería nuestra elección del protocolo de vector de distancia. BGP4 en sí ejerce aspectos bastante similares a OSPF, pero se utiliza sobre todo en las pasarelas de frontera por lo que la comparación puede ser demasiado difícil con IGRP, de ahí que seleccionamos OSPF como protocolo de estado de enlace.

4.2.2. Descripción del modelo OSPF.

El ejemplo de enrutamiento (*Routing*) de paquetes, es un excelente punto de partida para esta prueba. Abrimos el menú de escenarios y

seleccionamos los escenarios OSPF e IGRP, en los mismos se realizan ciertas modificaciones para crear fallos de enlace y recuperaciones de enlace.

La petición "Ping" de registro de ruta, se utiliza para realizar un seguimiento de los acontecimientos en la red a lo largo de la simulación. Inicialmente el escenario OSPF se muestra en la figura 4.11.

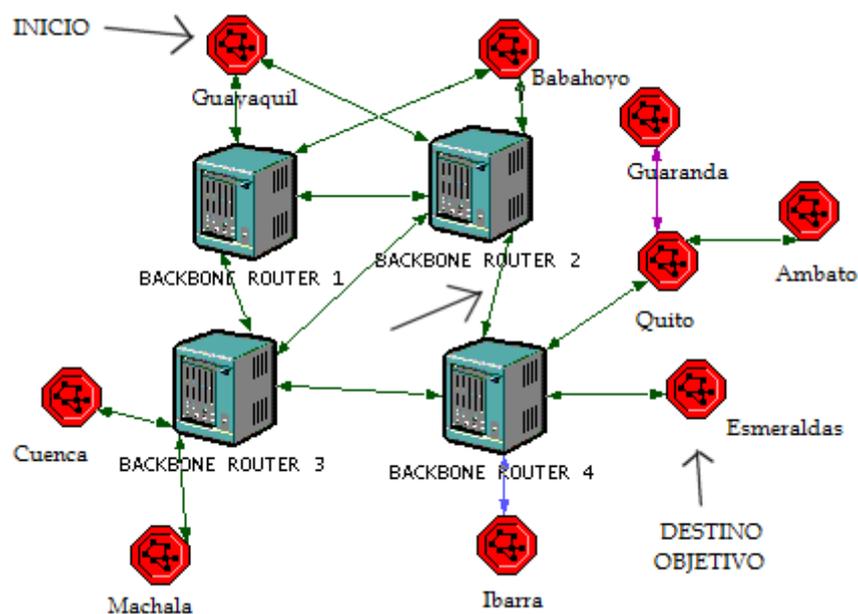


Figura 4. 11: Modelado del protocolo OSPF.
Elaborado por el Autor.

El modelado de protocolo OSPF, inicialmente fluirá el tráfico desde Guayaquil hacia Esmeraldas, mientras que el enlace entre el router Backbone 2 y 4 se va a producir un error después de 500 s y recuperándose después de 1000 s, es decir, que inicialmente el tráfico entre Guayaquil y Esmeraldas se desplaza en el enlace.

También se realizará el seguimiento de los paquetes perdidos, mediante una prueba en el enrutador de Guayaquil y en el “*Backbone Router 4*” que se encargará de recopilar información sobre los paquetes perdidos.

4.2.3. Implementación del protocolo OSPF.

En primer lugar, guardamos todo el proyecto <nombre>_Routing, por lo que la versión integrada no conseguirá destruirlo y todas las modificaciones se realizarán en la salida <<mod_dirs>> (editable en <<Edit>Preferences>>). Posteriormente damos clic en el ícono de la paleta objetos y seleccionamos <<utilities>> de la caja desplegable. Arrastramos el ícono de recuperación de un fallo y el ícono de configuración de atributos de IP a la subred mostrada en la figura 4.11. El primero controla el fallo de enlace y el segundo nos permite activar registros de enrutamiento para el comando solicitado (*ping*):

- a. Editamos los atributos y parámetros de configuración IP. Después editamos los detalles y activamos el registro de enrutamiento.
- b. Los enlaces entre los enrutadores (Router) 2 y 4, serán modificados sus atributos para cada enlace.
- c. Se editará los atributos del ícono de recuperación de fallos, y seleccionamos <<Link Failure/Recovery>>. Sobre la fila, seleccionamos dos, pegamos el código (BACKBONE ROUTER 4 ↔ BACKBONE ROUTER 2) en ambas filas. Ingresamos la falla en primera fila para t=500 s y recuperación en la segunda fila en t=1000 s.

- d. Con el fin de averiguar la IP de destino previsto en el tráfico solicitado, Esmeraldas.PARAM, ejecutamos la simulación con interfaz de modo de direccionamiento IP ajustado en <<Auto Addressed/Export>> (véase la figura 4.12). Donde el fichero de salida después de la ejecución estará en el directorio<<op_dirs>>, denominado <nombre>_Routing-OSPF-ip_addresses.gdf y es un archivo de texto normal. Se busca <<Esmeraldas.PARAM>>y copiamos la dirección IP que para este caso será 192.0.26.2.



Figura 4. 12: Interfaz del modo de direccionamiento IP.
Elaborado por el Autor.

- e. Después configuramos la subred Guayaquil y editamos los atributos del router. Sobre el tráfico IP solicitado, hay cuatro filas (véase la figura 4.13) con la misma IP descrita anteriormente como destino.

[IP Ping Traffic] Table			
Start Time (sec)	Destination	Pattern	Repetition Conf
10	(...)	Default	Once at Start 1
400	(...)	Default	Once at Start 1
700	(...)	Default	Once at Start 1
1,200	(...)	Default	Once at Start 1

4 Rows View Row Count Properties

Details Promote Delete Cancel OK

Figura 4. 13: Tabla del tráfico IP solicitado.
Elaborado por el Autor.

- f. En el fondo del escenario OSPF (área libre) clic botón derecho (mouse) y elegimos valores estadísticos individuales, tales como:

```
Global Statistics->OSPF->Traffic Sent (bits/sec),
Node Statistics->OSPF->Traffic Sent (bits/sec),
Node Statistics->OSPF->Traffic Received (bits/sec) y
Node Statistics->IP->Traffic Dropped (packets/sec).
```

- g. Finalmente, realizamos la simulación seleccionando una duración de 1500 s, 128 en forma de semilla, 100 valores por estadística, 1500 como tiempo de parada OSPF o deshabilitar la eficiencia de simulación OSPF, porque no podrá actualizar los enlaces después del tiempo de parada OSPF. La simulación se llevará unos 60 segundos y consumirá alrededor de 100 MB de memoria RAM.

4.2.4. Resultados de la simulación OSPF.

Hay dos lugares diferentes para examinar los resultados de la simulación: el registro de la simulación y los resultados de la simulación. En los resultados de la simulación, examinamos:

```
Global Statistics->OSPF->Traffic Sent (bits/sec), Object
Statistics->Enterprise Network->BACKBONE ROUTER 4 <-> BACKBONE
ROUTER 2 [0]->point-to-point-><select both throughput-statistics here>.
```

El gráfico resultante mostrado por la figura 4.14, se examinalos dos gráficos superiores en la que muestran la falta (ausencia) de tráfico, durante el fallo de enlace; mientras que el gráfico inferior muestra el tráfico de OSPF. Mientras que la figura 4.15 muestra el paquete solicitado, descartado en t=10 s. El resto del tiempo todos los paquetes se entregan de forma segura, gracias a la rápida actualización de las tablas de enrutamiento.

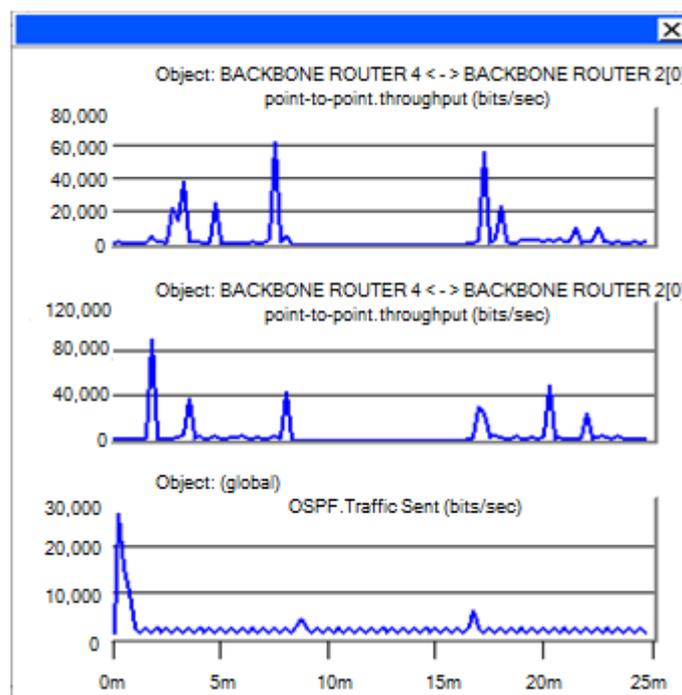


Figura 4. 14: Estadísticas de fallos y recuperación del protocolo OSPF.
Elaborado por el Autor.

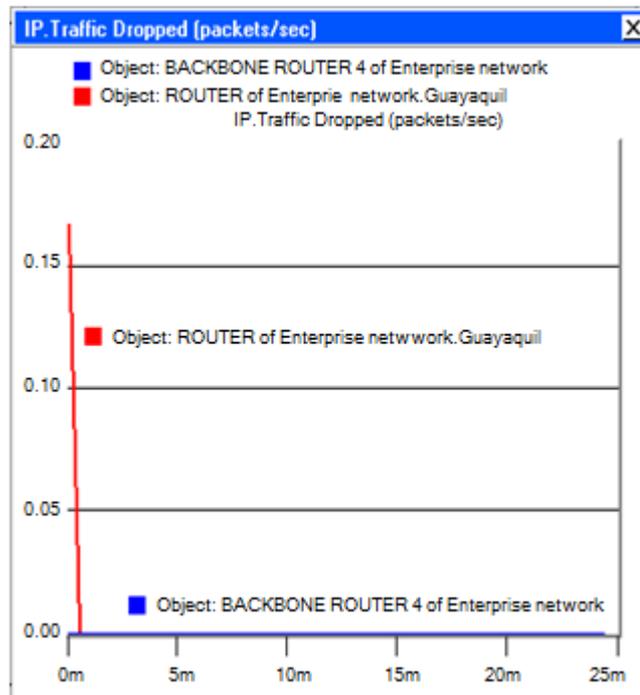


Figura 4. 15: Número de paquetes perdidos para el escenario OSPF.
Elaborado por el Autor.

En la simulación se registró los resultados recogidos del tráfico solicitado. Se abre haciendo clic derecho en un área libre de la red principal y seleccionamos ver simulación, en la cual existen cuatro filas de interés para nosotros y que son (la columna más a la izquierda) a veces: 10, 400, 700 y 1200 s.A los 10 segundos, la red ha comenzado a funcionar. Los enrutadores están ocupados tratando de intercambiar información sobre lo que el router puede acceder a los hosts con el protocolo OSPF que se utiliza actualmente. El resultado de lo solicitado a una red remota es:

```
"The IP routing table on this node does not have a route
to the destination 192.0.26.2. The corresponding IP
datagram [ID 58, Tree ID 58] is being dropped."
```

Para t=400 s los enrutadores se han estabilizado y sólo se envía la actualización del tráfico entre sí, que servirá para todas las aplicaciones que serán usadas en la red. El resultado de lo solicitado, atraviesa a los enrutadores 2 y 4 en la columna vertebral, de la siguiente forma:

```
192.0.7.2      Enterprise network.GUAYAQUIL.ROUTER
192.0.5.1      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 2
192.0.11.1     Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4
192.0.26.1     Enterprise network.ESMERALDAS.ROUTER
192.0.26.2     Enterprise network.ESMERALDAS.PARAM
192.0.11.2     Enterprise network.ESMERALDAS.ROUTER
192.0.5.2      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4
192.0.7.1      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 2
```

Para t=700 s el enlace entre los routers 2 y 4, ha fallado y el protocolo OSPF ha negociado nuevos enlaces con el destino (véase la figura 4.14). Dicha solicitud bajo esas condiciones, se convierte en tráfico a través de enrutadores 1, 3 y luego 4, de la siguiente manera:

```
192.0.1.2      Enterprise network.GUAYAQUIL.ROUTER
192.0.0.1      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 1
192.0.8.1      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 3
192.0.11.1     Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4
192.0.26.1     Enterprise network.ESMERALDAS.ROUTER
192.0.26.2     Enterprise network.ESMERALDAS.PARAM
192.0.11.2     Enterprise network.ESMERALDAS.ROUTER
192.0.8.2      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4
192.0.0.2      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 3
192.0.1.1      Enterprise network.BACKBONE ROUTER 1
```

Finalmente en t=1200 s el enlace se recupera y mayor tráfico recreado por OSPF, posibilita que el tráfico fluya a través de ese enlace, de la siguiente manera:

192.0.7.2	Enterprise network.GUAYAQUIL.ROUTER
192.0.5.1	Enterprise network.BACKBONE ROUTER 2
192.0.11.1	Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4
192.0.26.1	Enterprise network.ESMERALDAS.ROUTER
192.0.26.2	Enterprise network.ESMERALDAS.PARAM
192.0.11.2	Enterprise network.ESMERALDAS.ROUTER
192.0.5.2	Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4
192.0.7.1	Enterprise network.BACKBONE ROUTER 4

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- A través del Estado de Arte de las Comunicaciones de Datos se pudo describir los principios básicos de las redes de datos, siendo muy necesarias para el desarrollo del trabajo de titulación.

- La idea principal detrás del Trabajo de Titulación fue en sí examinar el funcionamiento de OPNET, con diversidad de escenarios a modelarse tales como los protocolos TCP y de enrutamiento OSPF, por lo tanto, esta herramienta de simulación servirá como ayuda a la enseñanza y permitirá mejorar los conocimientos de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

- Manejar la plataforma OPNET no fue tan fácil, requería de muchas horas de atención para aprender a utilizarlo, es decir, que no solamente consistía en diseñar una red gráficamente sino también que se debía crear un código fuente (programación similar a C++), pero se cumplió con la meta planeada, gracias a la ayuda de la misma página web de OPNET y de ciertos trabajos publicados por profesionales que utilizan a OPNET como herramienta para simular redes de telecomunicaciones.

- La modelación propuesta y pruebas obtenidas resultaron ser exitosas de acuerdo a los protocolos empleados y que validaron el correcto funcionamiento de los mismos.

5.2. Recomendaciones.

- Se sugiere a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo adquirir herramientas o plataformas de simulación de redes de telecomunicaciones, como en este caso OPNET que sirvió de mucho en el proyecto de titulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brijendra S., D. (2011). *Data Communications and Computer Networks*. 3era Edición, PHI Learning Private Limited, New Delhi.

Cerf, V., & Kahn, R., (1974). *A Protocol for Packet Network Interconnection*. IEEE Transactions on Communications.

Coimbra G, E. (2010). *Curso de Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. Apuntes de clases de la Carrera de Ingeniería Electrónica y de Redes y Telecomunicaciones. Universidad Privada de Santa Cruz, Bolivia.

El-Sayed, M., & Jaffe, J. (2002). "A View of Telecommunications Network Evolution". IEEE Communications Magazine.

Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2003). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw-Hill, México.

Stallings, W., (2007). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. 8va Edición. Pearson Educación, S.A., Madrid.

GLOSARIO

DWDM: Multiplexación Compacto por División de Longitud de Onda.

LAN: Redes de Área Local.

PSTN: Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switched Telephone Network).

WAN: Red de Área Amplia (Wide Area Network).

MIS: Sistemas de Información de Gestión (Management Information System).

CAD: Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design).

ATM: Modo de Transferencia Asíncrono (Asynchronous Transfer Mode).

ARPANET: Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Red (Advanced Research Project Agency Network).

MPLS: Mecanismo de Transporte de Datos Estándar (Multiprotocol Label Switching).

TCP: Protocolo de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol).

FTP: Protocolo de Transferencia de Archivos (File Transfer Protocol).

ICMP: Protocolos de Mensajes de Control de Internet (Internet Control Message Protocol)